

مبادئ

الكيمياء الحياتية

الدكتور

مظهر نبات عبد علي

جامعة بابل / كلية العلوم للبنات

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ
﴿ وَقُلْ أَعْمَلُوا فَسَيَرَى اللَّهُ عَمَلَكُمْ وَرَسُولُهُ وَالْمُؤْمِنُونَ وَسَتُرَدُّونَ
إِلَىٰ عِلْمِ الْغَيْبِ وَالشَّهَادَةِ فَيُنَبِّئُكُمْ بِمَا كُنْتُمْ تَعْمَلُونَ ﴾

صَلَّى
الْعَظِيمِ

مبادئ الكيمياء الحياتية

مبادئ الكيمياء الحياتية

الدكتور

مظهر نبات عبد علي

جامعة بابل كلية العلوم للبنات

الطبعة الأولى

2016م - 1437هـ

الرضوان

دار الرضوان للنشر والتوزيع عمان

الرضوان

للنشر والتوزيع

رقم التصنيف: 572.3

مبادئ الكيمياء الحياتية

د. مظهر نبات عبد علي

الواصفات الكيمياء الحيوية البروتينات الفيتامينات

رقم الإيداع لدى دائرة المكتبة الوطنية (2014/12/5563)

ردمك ISBN 978-9957-76-385-5

المملكة الأردنية الهاشمية

عمان - الأردن - العبدلي - شارع الملك حسين

قرب وزارة المالية - مجمع الرضوان التجاري - رقم 118

هاتف +962 6 4611169 هاتف +962 6 4616436 فاكس +962 6 4616435

ص ب 926141 عمان 11190 الأردن

E-mail: info@daralredwan.com

www.redwanpublisher.com

جميع الحقوق محفوظة للناس. لا يسمح بإعادة إصدار هذا الكتاب أو أي جزء منه أو تخزينه
في نطاق استعادة المعلومات أو نقله بأي شكل من الأشكال دون إذن خطي من الناشر.

All Rights Reserved. No part of this book may be reproduced, stored in a retrieval system,
Or transmitted in any form or by any means without prior written permission of the publisher.

الفهرس

11	مقدمة
----	-------------

الفصل الاول

(مقدمة عن الكيمياء الحياتية)

16	جزيئات المواد الحية الصغيرة
16	الخلية ونظامها الحياتي
16	مكونات الخلية الدخلية
18	الماء واهميته
19	صفات الماء المهمة
20	تفكك الماء
20	الرقم الهيدروجيني والمحاليل المنظمة

الفصل الثاني

(الكاربوهيدرات)

25	تعريف الكاربوهيدرات
26	تصنيف الكاربوهيدرات
30	التدوير الضوئي
32	التراكيب الحلقية
35	السكريات خماسية الكربون
36	السكريات سداسية الكربون
36	صيغ الكرسي والزورق للسكريات الأحادية

الفهرس

37	السكريات الأحادية متشعبة السلسلة
38	السكريات قليلة الوحدات
39	اللاكتوز Lactose أو ما يسمى بسكر الحليب
41	المالبيوز
42	السكريات الثلاثية
42	السكريات المتعددة
43	النشا
45	السليولوز
46	الكلايكوجين
47	سكريات متعددة أخرى
47	السكريات المتعددة غير المتجانسة
48	الهيبارين
49	الكوندروتين

الفصل الثالث

(الاحماض الامينية)

56	الفعالية البصرية للأحماض الامينية
57	الخصائص الحامضية - القاعدية للأحماض الامينية
58	تصنيف الأحماض الامينية
62	الأحماض الامينية غير البروتينية
70	الطرق الكيميائية
73	التكوين الحياتي للأحماض الامينية

الفهرس

الببتيدات	93
البروتينات	95
التنظيمات البنائية التركيبية للبروتين	96
الذنترة (المسخ)	98
تصنيف البروتينات	99

الفصل الرابع

(الليدات)

تصنيف الليدات	103
1. الدهون المتعادلة	104
2. الدهون المفسفرة (الفوسفولييدات)	108

الفصل الخامس

(الأنزيمات)

تصنيف الأنزيمات	121
التخصص الأنزيمي	122
العوامل التي تؤثر على فعالية (سرعة) الأنزيم	122
التصنيف النظامي للأنزيمات	125
التثبيط الأنزيمي	127
الأنزيمات الالوستيرية	128
أهمية الأنزيمات	129
الأشكال الفعالة وغير الفعالة للأنزيمات	129

الفصل السادس

(الفيتامينات)

- فيتامينات ذائبة بالماء 134
- الفيتامينات الذائبة في الدهن..... 138

الفصل السابع

(النيوكليوتيدات والأحماض النووية)

- القواعد النيتروجينية 145
- النيوكليوسيدات 147
- النيوكليوتيدات 149
- الأحماض النووية 153
- الحامض النووي DNA 154
- تغير الصفات الطبيعية (المسخ) 155
- الحامض النووي الرايبوزي 155
- الحامض النووي الرايبوزي المخبر 156

الفصل الثامن

(الطاقة الحياتية)

- انواع الطاقة 161
- الطاقة الحرة..... 162
- طاقة التنشيط 162
- المركبات الفوسفاتية ذات الطاقة العالية 163
- الايض الحياتي..... 164

167	السلسلة التنفسية
168	اكسدة حامض البايروفيك آلى
170	مسار بنتوز - فوسفية
171	تحلل الكلايكوجين
172	توليد الكلوكوز
172	توليد الكلايكوجين
173	الاجسام الكيتونية
173	عملية التركيب الضوئي
176	دور حامض الكلايوكسيليك
177	الفسفرة التاكسدية
179	انتقال الالكترونات والفسفرة التاكسدية
180	ايض الكابوهيدرات
180	هضم الكابوهيدرات
181	ايض الدهون
182	اكسدة الاحماض الدهنية
184	ايض الأحماض الامينية والبروتينات
185	المصير الايضى للأحماض الامينية
186	دورة اليوريا
187	تثبيت النتروجين

الفصل التاسع

(الهرمونات)

191	الهرمون
191	مستقبلات الهرمونات.....
192	تصنيف الهرمونات.....
193	الهرمونات
197	الآلية عمل الهرمون.....
198	الوظائف الفسلجية والحياتية للهرمونات.....
199	نوعية الإفراز في الغدد
201	الهرمونات الهدمية.....
202	هرمون كورتيسول
205	المصادر.....

المقدمة

﴿وَقُلْ رَبِّ زِدْنِي عِلْمًا﴾

صدق الله العلي العظيم

الحمد لله رب العالمين والسلام على سيدنا ورسولنا محمد واله الطيبين
الطاهرين .

نظرا لتنوع المصادر العملية الخاصة بموضوع الكيمياء الحياتية وعدم
وجود كتاب شامل لجميع مفردات المادة والخاصة بمنهج الكيمياء الحياتية
لأقسام علوم الحياة والكيمياء مما دفعني لتأليف كتاب أطلقت عليه (مبادئ
الكيمياء الحياتية) يمتاز ببساطته وسهولة موضوعاته معززا ذلك بالتركيب
الكيميائية المبسطة وقد تناول الماء والكاربوهيدرات والدهون والأحماض
الامينية والنيوكليوتيدات والأنزيمات والفيتامينات والايض الحياتي أملاً أن
أكون قد وفقت في وضع لبنة من لبنات البيت العلمي الكبير واضعاً خبرتي في
تدريس المادة في الجامعات العراقية المختلفة في الدراسات الأولية والعليا ولسنين
طويلة في خدمة أبنائي الطلبة وسالكي طريق العلم شاكراً جميع من أسهم
بملاحظاته القيمة في إخراج هذا الكتاب ومن الله التوفيق .

الدكتور مظهر نبات عبد علي

المقدمة

الفصل الأول

مقدمة عن الليمياء الحياتية



1

مبادئ الكيمياء الحياتية

الفصل الأول

مقدمة عن الكيمياء الحياتية

introduction about biochemistry

يمكن تعريف الكيمياء الحياتية بأنها كيمياء الحياة أو هو العلم الذي يزودنا بالتفسير الجزيئي للعمليات الحياتية وكذلك هو العلم الذي يهتم بدراسة العمليات ذات العلاقة بالكائنات الحية .

لقد تطورت الكيمياء الحياتية في الجزء الأخير من القرن التاسع عشر نتيجة لازدياد المعلومات وتوافرها بدأ التفكير بالتمييز بين الكائنات الحية وغير الحية.

تركز الجدل حول الاختلاف بين المركبات العضوية organic compounds وغير العضوية Inorganic compounds فمثلاً المواد التي يمكن الحصول عليها من مصدر غير حي تسمى غير عضوية بينما التي تم الحصول عليها من كائنات حية بصورة مباشرة أو غير مباشرة تسمى مركبات عضوية C.Organic.

في سنة 1828 استطاع العالم فوهرل من إنتاج مركب عضوي وهو اليوريا Urea من اصل غير عضوي واعتمادا على ذلك تم تصنيع مركبات أخرى عضوية من مركبات غير عضوية .

من السهولة ملاحظة الاختلاف بين الأشياء الحية وغير الحية إذ أن الأشياء الحية يمكن أن تتنفس وتتغذى وتنمو وتتكاثر بينما لا تمتاز الأشياء غير الحية بذلك ولغرض فهم الكيمياء الحياتية يكون من المناسب الأخذ بنظر الاعتبار أولاً العناصر والمكونات التي تدخل في تركيب الكائنات الحية حيث أن الذرات

مبادئ الكيمياء الحياتية

الغالبية في تركيبها هي H, C, S, P, O, N وهذه الذرات تؤلف جزيئات المواد الحية. وتوجد جزيئات المواد الحية بهيئتين وهما :

جزيئات المواد الحية الصغيرة Micro molecules

تشمل الأحماض الامينية والسكريات البسيطة والأحماض الدهنية وكذلك البيورينات والبايريمدنيات حيث أن هذه الجزيئات تمتلك أهمية حيائية مستقلة وتعمل كمكونات للجزيئات الحياتية الكبيرة Macro molecules والتي تشتمل على البروتينات ، السكريات المتعددة كالكلايكوجين، النشا، الدهون، الأحماض النووية والنيوكليوتيدات .

الخلية ونظامها الحياتي

بالرغم من أن الكائن الحي يبدو متجانسا في التركيب نسبيا ألا انه يمثل مجموعة من الوحدات المجهرية الدقيقة والتي تسمى بالخلايا (cells) وتعمل هذه الوحدات بتناسق تام لاستمرار الحياة للكائن الحي وبهذا فان الخلية تعد الوحدة الأساسية للحياة والتي يتم فيها المئات من التفاعلات الكيميائية التي تحصل في الخلية الحية .

مكونات الخلية الداخلية

السايتوبلازم أو ما يسمى بالبروتوبلازم وتنتشر فيه مختلف أعضاء الخلية منها:

1. المايتوكوندريا Mitochondria : - وتسمى محطات توليد الطاقة power houses of energy وتتكون كيميائيا من RNA, DNA, lipoprotein أما نشاطها الأنزيمي فيتمثل بوجود الأنزيمات والأنزيمات المساعدة التي تساعد في أكسدة الأحماض الشحمية fatty acids كما تتم فيها تفاعلات دورة كريبس وعملية الفسفرة التأكسدية وانتقال

الفصل الأول: مقدمة عن الكيمياء الحياتية

الالكترونات إضافة إلى صنع البروتين كما يتم فيها دورة اليوريا urea, cycle دورة CO₂ وكذلك تصنيع DNA و RNA

2. اللايسوسومات Lysosomes: - تعد الأنزيمات من المركبات الرئيسية التي توجد فيها ويمكن إن تعتبر الأجسام الحالة فقاعات مملوءة بالأنزيمات مثل DNA ase and phosphotase والتي تلعب دورا هاما في الايض الحياتي :

3. الرايبوسومات: - تتكون بصورة رئيسية من البروتينات والـ RNA ويمكن اعتبار الرايبوسومات هي المواقع التي يتم فيها تصنيع البروتينات.

4. جدار الخلية Cell wall: - حيث يكون في الخلية الحيوانية رقيقا أما في الخلية النباتية فيكون صلبا و يتكون من السكريات المتعددة مثل السليلوز أما بشكل عام سواء في الخلية الحيوانية أو النباتية فيتكون هذا الجدار من Lipoprotein وينشط بعملية نقل الايونات .

5. الشبكة الاندوبلازمية Endoplasmic reticulum: - يتميز نشاطها بعملية بلمرة الببتيدات في الرايبوسومات كما تساهم في الايض الحياتي للكبريت وبناء الكولسترول .

تحتوي الجزيئات الحياتية الكبيرة macro bio molecules على مجاميع فعالة Functional groups مثل Halid and, Sulfahydryl, Ether, Hydroxyl Aryl, carboxyl, Amine, Alkyl aldehyde, ketone أما أهم الأواصر فهي Glycosidic bonds, Diester phosphate bond ,N-gycosidic bonds ,Ester peptide bonds and

أما أهم التفاعلات التي تشارك فيها فهي: -

أ - تفاعلات الأكسدة Oxidation reaction والاختزال Reduction

ب - إزالة المجاميع الكاربوكسيلية Decarboxylation

ج - إزالة المجاميع الامينية .R. Deamination

د - نقل المجاميع الامينية .R. Transamination

هـ - التحلل المائي .R. Hydrolysis

ز - اليرسمية .R. Racemation

الماء وأهميته: -

يعد الماء من أكثر المكونات الخلوية وفرة ويعمل كمحيط مناسب للمركبات الموجودة في الخلية ويشكل الماء حوالي 70% من الوزن الكلي لجسم الكائنات الحية ويمتلك الماء خواص كيميائية وفيزيائية فريدة من نوعها بحيث تلائم الأنظمة البايولوجية وهذه الخواص تعود إلى قطبية الماء واصرتة الهيدروجينية ويوجد الماء بحالتين: -

1 - الماء الحر

2 - الماء المرتبط

يستعمل الماء الحر لنقل كافة الأملاح والايونات أما الماء المرتبط فينتقل بأنواع من المركبات الحياتية كالبروتينات والأحماض النووية ويقوم بوظائف متعددة مثل:

1. التنظيم الحراري للجسم

2. نقل العديد من المكونات الغذائية

3. يتصف بالفعالية التأينية

4. مذيب تعتمد عليه الكثير من فعاليات الجسم الكيميائية والفيزيائية.

صفات الماء المهمة : -

للماء عدد من الصفات الفيزيائية تعود لخواصه القطبية تتضمن درجة غليان عالية وحرارة كامنة للتبخّر. أن ارتفاع درجة غليان الماء وارتفاع درجة انصهار الثلج وارتفاع الحرارة الكامنة تفسر وجود روابط (أواصر) هيدروجينية بين جزيئاته مقدارها $104,5^0$ بين (H-OH) علما بان ذرتي الهيدروجين تحمل شحنة موجبة ويحمل الأوكسجين شحنة سالبة حيث تتمكن جزيئات الماء بربط أربع جزيئات ماء أخرى في ترتيب رباعي Tetra hedra arrangement وهذا يؤدي إلى تكوين البلورة السداسية او ما يسمى Hexogonal للثلج حيث انه يكون رخواً وغير قوي وفيه تجويف كبير نسبياً مما ينتج عن ذلك حجم نوعي كبير حيث يتمدد حجم الماء 9 % عند انجماده وهناك قاعدة شاذة في الماء وهي ان الاجسام تتمدد بالحرارة وتقلص بالبرودة باستثناء الماء ففي درجة الحرارة مقدارها 4^0 م تقل كثافة الماء ويزداد حجمة فيكون 1سم^3 من الماء في درجة الصفر المئوي اقل وزناً من الماء في درجة 3^0 م بخلاف بقية الاجسام لذلك فالجليد اخف من الماء لذا يطفو على البحار والانهار ولولا هذا الشذوذ (بامرالله تعالى) لغاص كل ما يجمد في سطح الماء ورسب في القعر ولجمد مايزيحه الجليد الراسب إلى الاسفل وعلى هذا الاساس سينجمد البحر من اعلاه إلى أسفله فلا نرى في هذه الحالة حيوانا يتنعم في البحار والبحيرات ولماتت جميعها ولأمتعت التجارة البحرية ولتسمرت الحياة البشرية فهل للطبيعة العمياء ان تفكر في حياة الحيوانات البحرية والتجارة البشرية ياترى ؟؟

تفكك الماء Dissociation : -

يعد الماء غير متأين كلياً ولكن يحدث له تفكك جزئي كما موضح:



والماء النقي يكون فيه عدد ايونات الهيدروجين مساوي لعدد ايونات الهيدروكسيل OH ويطلق على ناتج حاصل ضرب تراكيز ايونات الهيدروجين والهيدروكسيل بثابت التفكك للماء (KW)

$$KW = (\text{H}^{++}) \times (\text{OH}^-) = 10^{-7} \times 10^{-7} = 10^{-14}$$

أن جميع التفاعلات الحياتية تتم في محاليل مائية وتتأثر كلياً بتركيز ايونات الهيدروجين والهيدروكسيل. أن المحلول الذي يحتوي على عدد متساوي من ايونات الهيدروجين وايونات الهيدروكسيل يسمى المحلول المتعادل واذا كان المحلول يحتوي على ايونات هيدروجين (H^+) اكثر من (OH^-) يسمى المحلول حامضي اما اذا كان يحتوي ايونات (H^+) اقل من (OH^-) فيسمى المحلول قاعدي.

الرقم الهيدروجيني والمحاليل المنظمة : PH and buffers solutions -

تتم التفاعلات الحياتية في محاليل مائية ابقىت قريبة من التعادل وذلك بواسطة وجود المحاليل المنظمة buffers التي هي مزيج من الحامض الضعيف وملح ذلك الحامض والحامض القوي مثل HCL يتفكك كلياً بعكس الحامض الضعيف الذي يتفكك جزئياً وهذا التفكك يقل اكثر بوجود ملح الحامض. أن السوائل الخلوية للانسجة تكون منظمة (محافظة) بوجود املاح البيكربونات والفوسفات وكذلك بوجود التراكيز العالية من البروتينات .

الفصل الأول: مقدمة عن الكيمياء الحياتية

أن افضل تعريف للأحماض والقواعد في الكيمياء الحياتية هي تعريف برونستيد Bronsted الذي عرف الحامض بأنه المادة التي تهب بروتون وعرف القاعدة بأنها المادة التي تستقبل بروتون ويوجد لكل حامض قاعدة مقترنة به Conjugated base كما يوجد لكل قاعدة حامض مقترن به Conjugated acid.

امثلة على الرقم الهيدروجيني:

إذا كان $(H^+) = 10^{-8}$ مول / لتر فكم الرقم الهيدروجيني للمحلول ؟

$$\text{الجواب / } PH = \text{Log} 10^{-8} = 8$$

أما إذا كان $(H^+) = 10^{-6}$ مول / لتر

$$\text{الجواب / } PH = \text{Log} 10^{-6} = 6$$

مبادئ الكيمياء الحياتية

الفصل الثاني

الآربوهيدرات



2

مبادئ الكيمياء الحياتية

الفصل الثاني

الكربوهيدرات Carbohydrates

تعريف الكربوهيدرات Definition of carbohydrates

يمكن تعريفها كيميائياً بأنها الديهايدات أو كيتونات متعددة مجموعة الهيدروكسيل أو مشتقاتها ولو تمعنا قليلاً في اسم الكربوهيدرات لوجدنا أنها تعني (هيدرات الكربون) أو الكربون المية لا سيما أنها تتكون من عنصر الكربون (C) والهيدروجين (H) والأوكسجين (O) وتكون نسبة الأوكسجين إلى الهيدروجين 1:2 أي كنسبتها في الماء ولا يعني هذا أن جميع المركبات التي تحتوي على هذه النسبة إضافة إلى الكربون هي كربوهيدرات وتمتلك الكربوهيدرات الصيغة التركيبية العامة $(CH_2O)_n$

وهناك مركبات تمتلك نفس الصيغة التركيبية مثل الفورمالديهايد و CH_2O اللاكتيك $C_3H_6O_3$ lactic acid لكنها لا تعد كربوهيدرات هذا من ناحية ومن ناحية أخرى هناك مركبات مهمة مثل Glucose amine و Deoxy ribose تصنف ضمن الكربوهيدرات إلا أنه لا تنطبق عليها الصيغة التركيبية المذكورة سابقاً .

أن الكربوهيدرات تشكل الصنف الأهم من المركبات العضوية الطبيعية فهي واسعة الانتشار في أنسجة النباتات والحيوانات ولها وظائف مهمة في الكائن الحي حيث أنها مصدر للطاقة من خلال عملية الأكسدة والاحتراق كما أنها مصدر لذرات الكربون لتخليق مكونات خلوية أخرى وتعتبر مخزن رئيسي للطاقة الكيميائية مثل الكلايكوجين Glycogen وكذلك لها وظائف تركيبية في الخلايا والأنسجة حيث تدخل في تركيب جدار الخلية النباتية على هيئة سليولوز و ترتبط الكربوهيدرات مع الببتيدات مكونة مركبات معقدة تعد

المكون الرئيسي لجدار الخلية البكتيرية كما تدخل الكربوهيدرات في عملية توليد مكونات الخلية مثل الدهون lipids والأحماض النووية والبروتينات والأنزيمات .

تصنيف الكربوهيدرات classification of carbohydrate

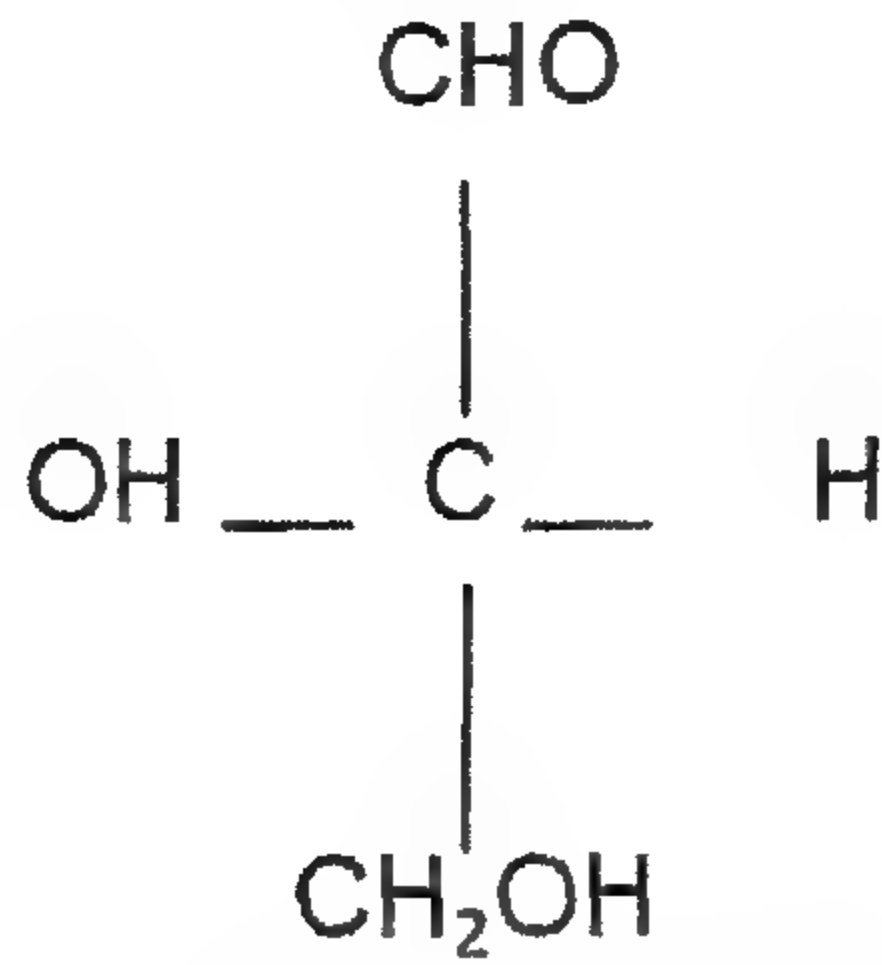
يمكن تقسيم الكربوهيدرات إلى :

1. سكريات أحادية (بسيطة) Mono saccharides or simple saccharides :

يمكن تعريفها بأنها مركبات لا يمكن أن تتحلل إلى جزيئات أصغر بالتحلل المائي وتكون عادة حلوة المذاق ذائبة بالماء وتوجد بشكل متبلور وتسمى السكريات والتي تحمل مجموعة الألدهايد تسمى بالسكريات الألدهايدية Aldoses أما السكريات التي تحمل المجموعة الكيتونية Ketones فتسمى السكريات الكيتونية. يمكن تقسيم السكريات الأحادية حسب عدد ذرات الكربون إلى سكريات ثلاثية الكربون Trioses, رباعية الكربون Tetroses, خماسية الكربون pentoses وسداسية الكربون Hexoses إضافة إلى سباعية الكربون Heptoses و إذا كانت مجموعة السكر الأحادي الألدهايد سميت بـ Aldose فإذا كانت ثلاثة ذرات الكربون سميت Aldotriose أما إذا كانت أربعة ذرات سميت Aldotetrose وهكذا بالنسبة للآخرى. أما إذا كان السكر الأحادي الكيتوني يحوي ثلاثة ذرات كربون فيسمى ketotriose وإذا كانت أربعة ذرات كربون فيسمى Ketotetrose وهكذا بالنسبة الأخرى .

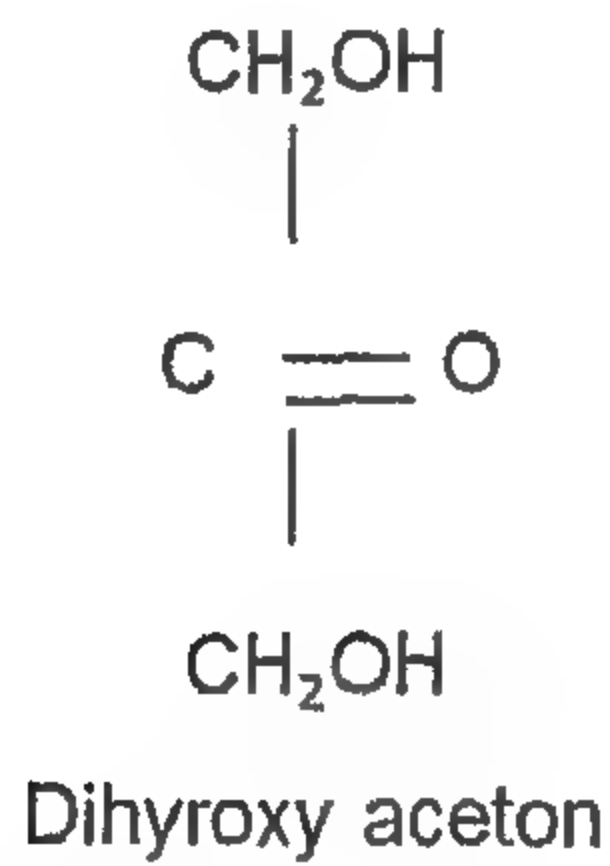
أن أبسط سكر الديهايدي هو Glyceraldehyde كما هومبين في الشكل أدناه:

الفصل الثاني: الكربوهيدرات

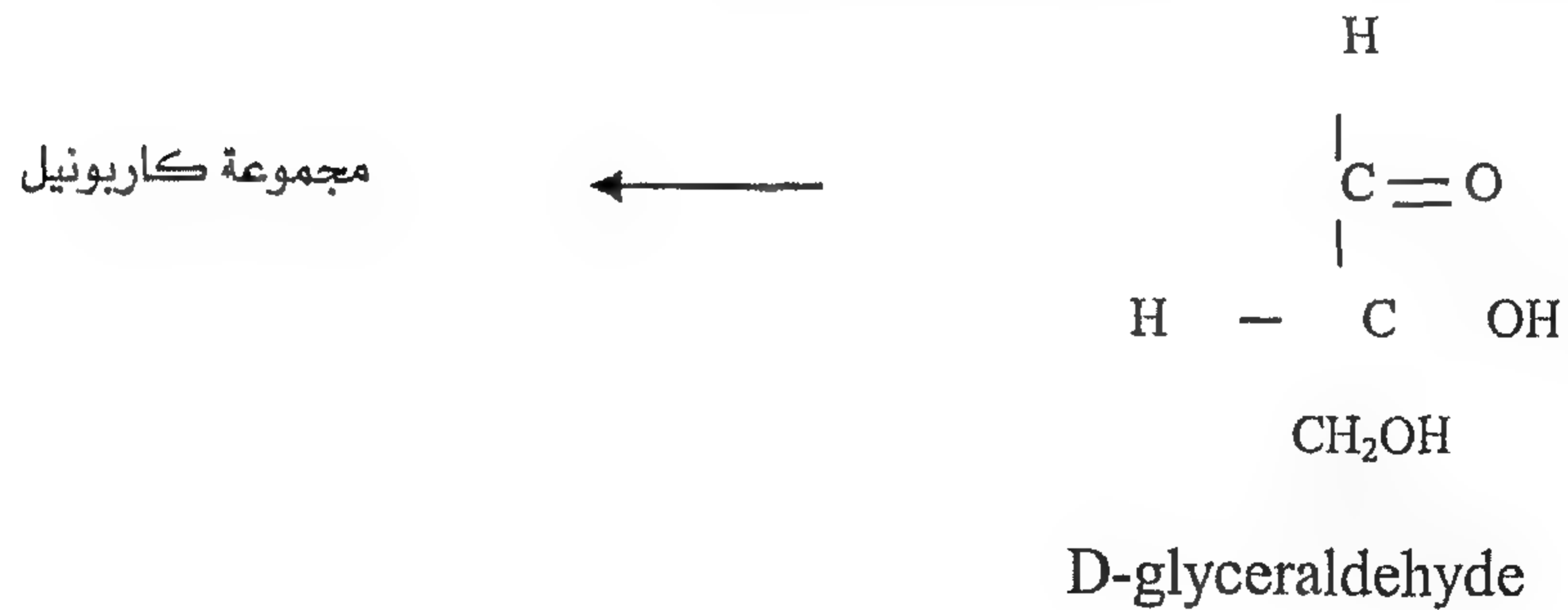


L-Glyceraldehyde

أبسط سكر كيتوني فهو Dihydroxy acetone كما مبين في الشكل أدناه:

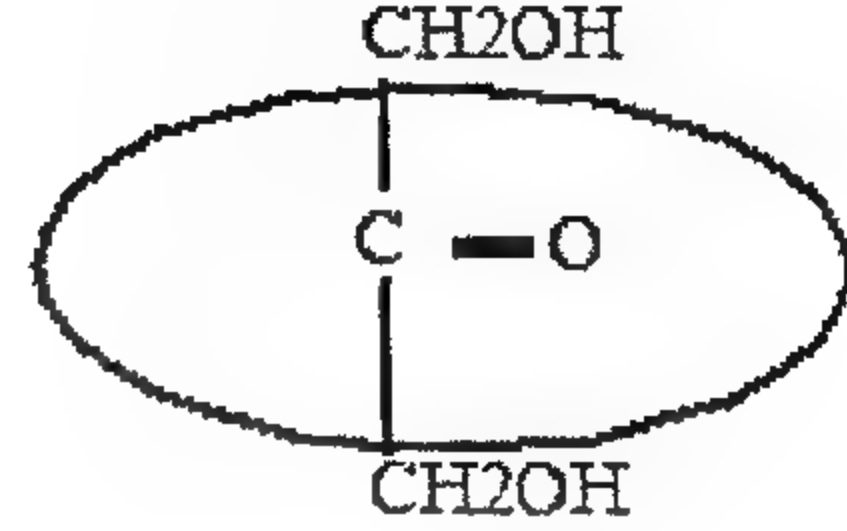


يختلف السكر الالديهايدي عن السكر الكيتوني بموقع مجموعة الكربونيل (C=O Carbonyl group) فإذا كانت هذه المجموعة طرفية كان السكر الالديهايدي كما موضح في الشكل أدناه:



أما إذا كانت المجموعة وسطية أو في موقع آخر غير طرفي ففي هذه الحالة سيكون السكر كيتوني كما موضح في الشكل أدناه: -

مجموعة كاربونيل



Dihydroxy acetone

أن أكثر السكريات الأحادية الالديهيدية أنتشارا هو كلوكوز D-Glucose أما أكثر السكريات الكيتونية أنتشارا فهو الـ D-fructose.

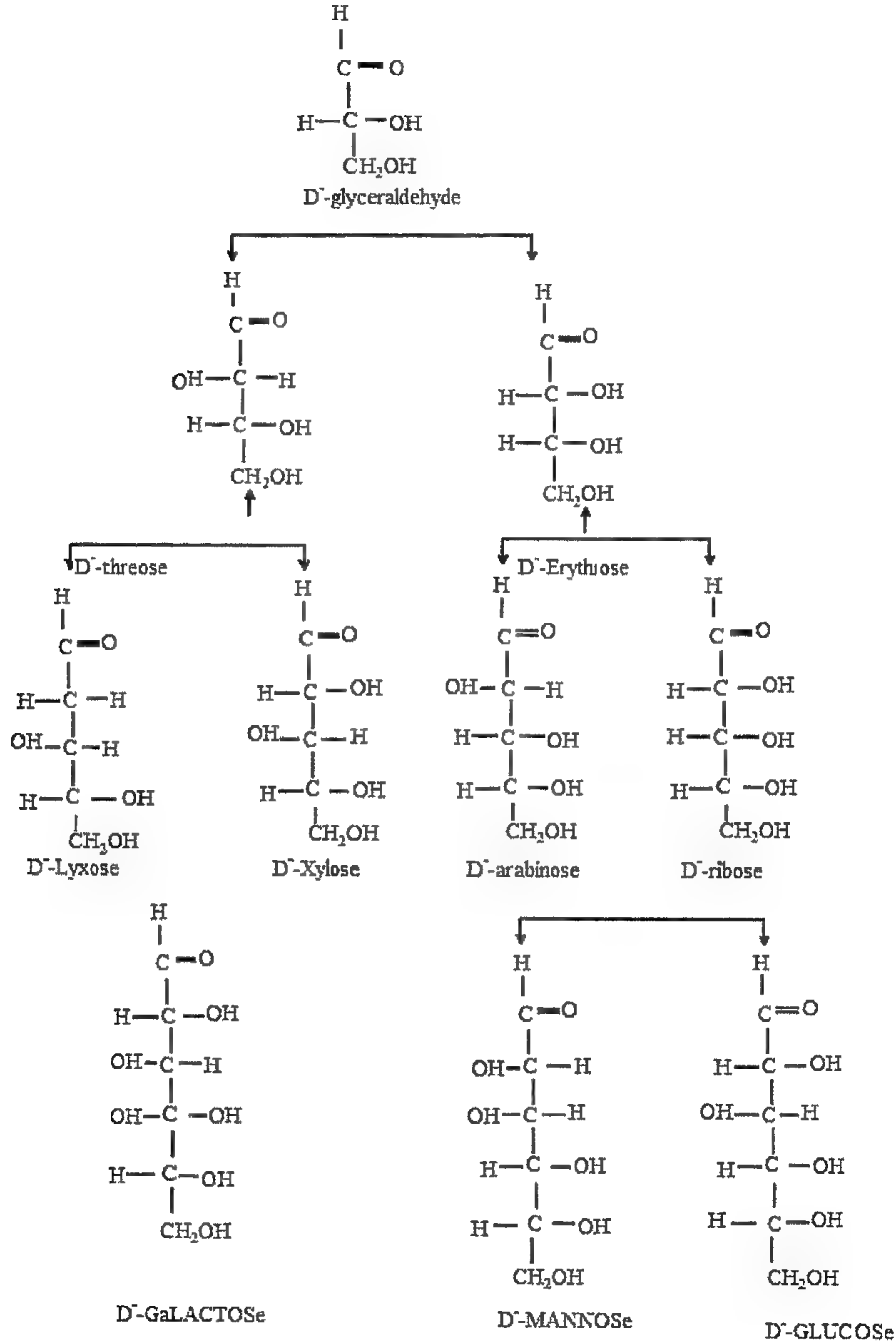
التناظر الفراغي للسكريات الأحادية Stereoisomerism of mono saccharides

المتناظرات الفراغية هي عبارة عن المركبات التي تمتلك نفس الصيغة التركيبية ولكنها تختلف في الترتيب الفراغي حول ذرات الكربون فأن وجود ذرة كربون غير متماثلة asymmetric carbon atom (وهي الذرة التي ترتبط بأربعة مجاميع مختلفة) تسمح بتكوين المتناظرات الفراغية ولقد وجد بأن جميع السكريات الأحادية باستثناء Dihydroxy acetone تحتوي على ذرة كربون واحدة غير متماثلة على الأقل مثل D-glyceraldehyde أبسط سكر الديهايدي كما ذكرنا سابقا أما الرباعية الالديهيدية فتحتوي على اثنين والخماسية على ثلاثة.....الخ.

ويمكن تطبيق القانون التالي لمعرفة عدد المتناظرات الفراغية لأي سكر أحادي وهو 2^n حيث أن (2) هي ثابت و (n) يشير إلى عدد ذرات الكربون غير المتماثلة ، فمثلا بما أن عدد ذرات الكربون غير المتماثلة في glyceraldehydes هي واحدة فعند تطبيق هذا القانون سيكون 2^1 ويعني (2) أي أن عدد المتماثلات

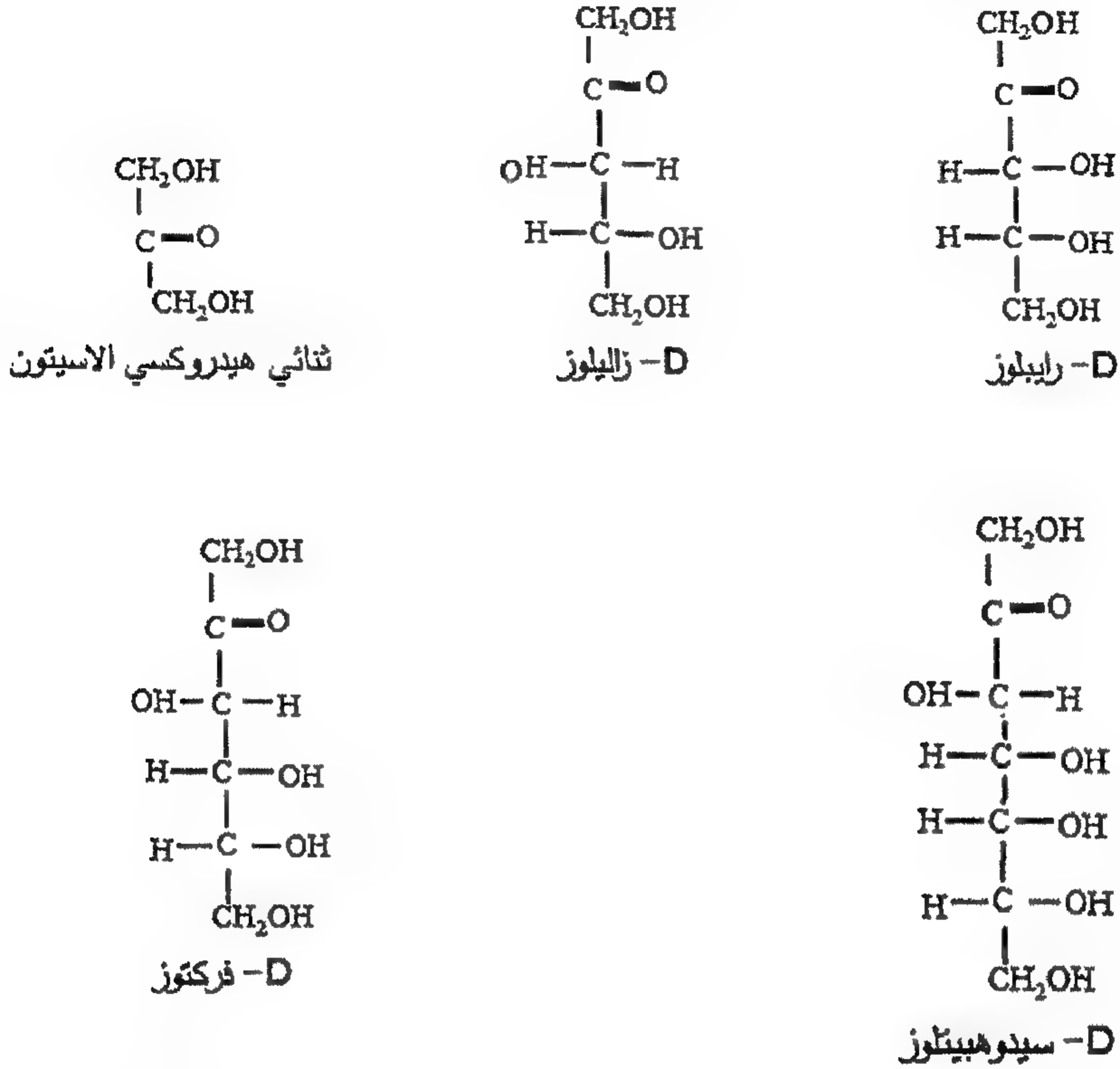
الفصل الثاني: الكربوهيدرات

هي النوع D والنوع L أما إذا كانت عدد ذرات الكربون غير متماثلة في المركب (4) مثل Glucose فيكون 2^4 فيكون عدد المتناظرات الفراغية (16).



شكل (1): تراكييب بعض سكريات الالدوز والعلاقة فيما بينهما .

جدول (2): تراكييب بعض سكريات الكيتوز ketoses .



يعد الثنائي هيدروكسي أسيتون هو المرجع أو المركب الأصلي لفرض تعيين الشكل الابعادي المطلق للسكريات الكيتونية وكذلك بالنسبة للـ D و L كليسرالديهيد يعد المركب الأصلي لفرض تعيين الاشكال الابعادية المطلقة للسكريات الالديهادية .

التدوير الضوئي optical rotation

يكون المركب المحتوي على ذرة كاريون واحدة غير متماثلة فعال ضوئيا أي أنه optically active أي أنه يدور الضوء المستقطب أما إلى اليمين أو اليسار ويصطلح على المركب الذي يدور الضوء إلى اليمين بـ Dextrorotary أما الذي يدور الضوء إلى اليسار فيسمى بـ Levorotary ويرمز للمركب الذي يدور الضوء المستقطب

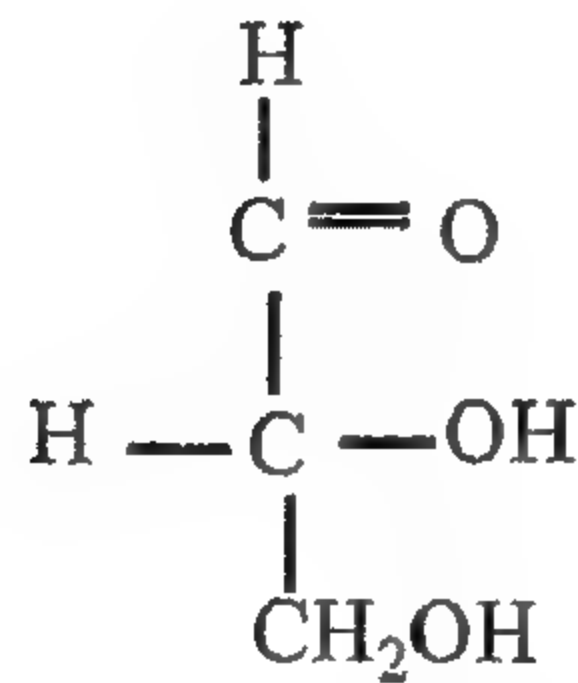
الفصل الثاني: الكربوهيدرات

ألي اليمين بالحرف d ويعطى العلامة الموجبة (+) أما المركب الذي يدور الضوء المستقطب إلى اليسار فيرمز له بالحرف L وبالعلامة السالبة (-) وأن هذين النوعين (L,d) يكونان صورة مرآة لبعضهما الآخر (mirror image).

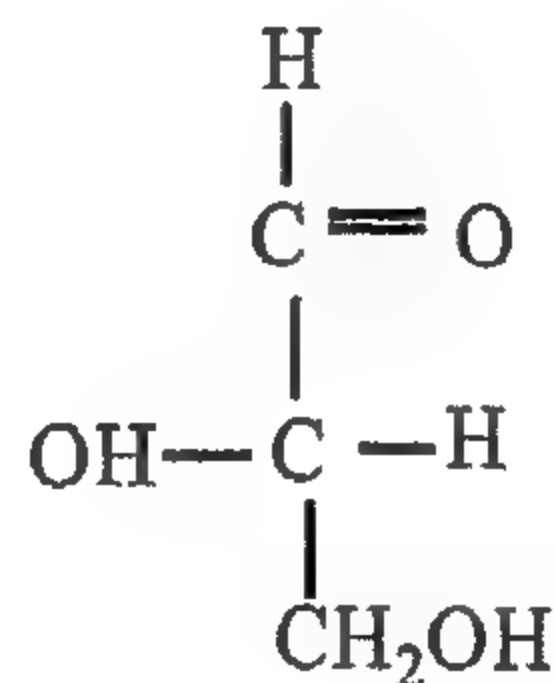
الشكل الوضعي للسكريات الأحادية configuration of monosaccharide's

قام fischer عام 1981 بدراسة الشكل الفضائي للسكريات الأحادية والتي تتشابه ضوئيا وتختلف عن بعضها في التوزيع الفضائي للذرات والمجموعات نتيجة لعدم التناسق في بنائها الكيميائي مكونة متشابهات (isomers) وجميع السكريات الأحادية تحتوي على متشابهات ضوئية (isomers) باستثناء ثنائي هيدروكسي الأسيتون وهذه المتشابهات توجد بصورتين هما (D و L) فإذا وجدت مجموعة الهيدروكسيل إلى اليمين عند ذرة الكربون ما قبل الأخير يكون المركب من نوع D أما إذا كانت مجموعة الهيدروكسيل إلى اليسار عند نفس الذرة (أي ما قبل الأخيرة) كان المركب من نوع L كما في المثالين أدناه : -

أن معظم السكريات الأحادية التي تشترك في العمليات الأيضية Metabolism للكائنات الحية هي من النوع D وأن أكثرها انتشارا هي D- D-Glucose, D-Fructose, Ribulose, D-galactose, D-mannose Ribose



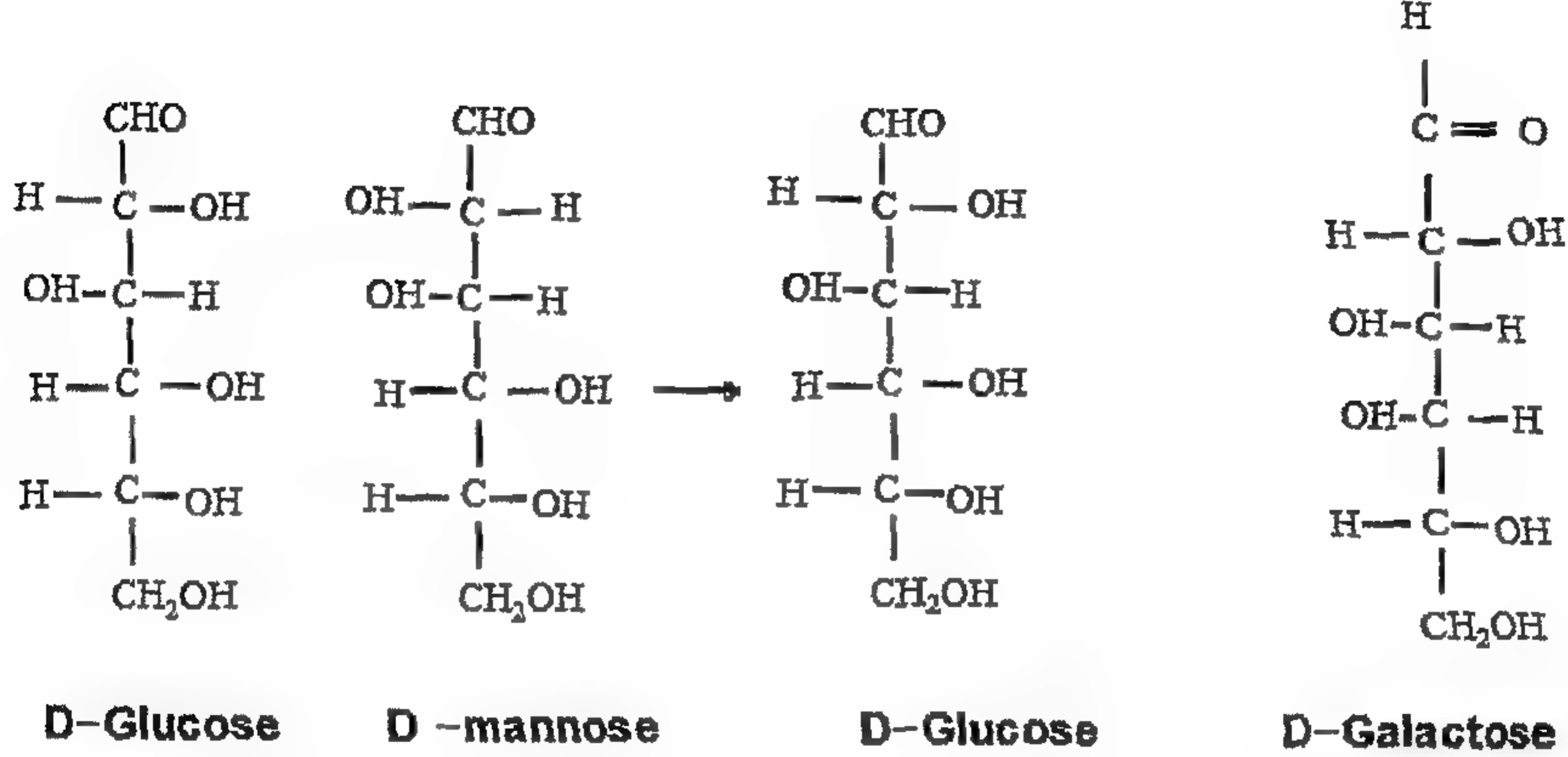
D-glyceraldehyde



L-glycer aldehyde

إذا اختلف سكران في الشكل الأبعادي حول ذرة كربون متخصصة واحدة فقط فهو Epimer الواحد للآخر وهكذا D-Glucose هو Epimer لـ D-

Galactose بالنسبة لذرة الكربون رقم (4) وكذلك فان D-Glucose هو Epimer لـ D-mannose فيما يتعلق بذرة الكربون رقم (2) كما هو موضح في الشكل أدناه: -

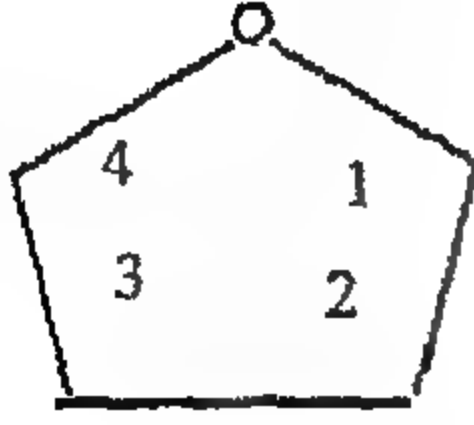


شكل () التركيب الكيميائي لاثني من Epimer لـ D-Glucose

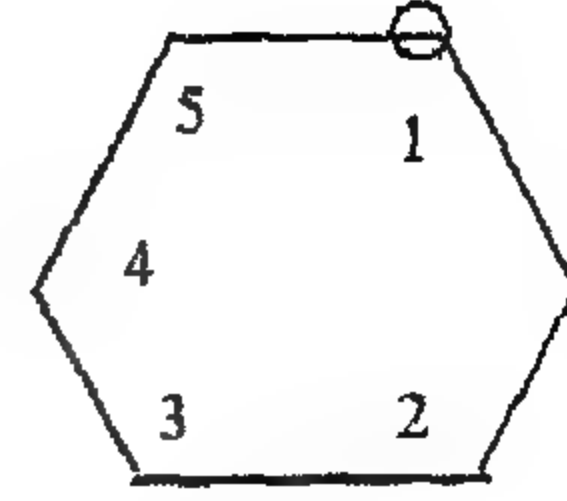
التركيب الحلقية Ring Cycle forms :

تكون السكريات الأحادية (سداسية الكربون على الأغلب) شكلاً أو تركيباً حلقياً عندما يكون المركب سائلاً وذلك بسبب تكوين مشتق الهيمي استايل Hemiacetal بالنسبة للسكريات الالديهائية أو مشتق الهيمي كيتال بالنسبة للسكريات الكيتونية Hemiketal ويكون هذا المشتق مشابهاً لحلقة المركب العضوي الخماسي pyran في حالة السكريات الالديهائية ويطلق على السكريات التي تحتوي على هذه الحلقة pyranose أما بالنسبة للسكريات الكيتونية (الفركتوز) فتكون مشتقاً مشابهاً لحلقة furan ويطلق على السكر الذي يحتوي على هذه الحلقة بـ furanose يدعى التركيب الحلقى للسكريات الأحادية بصيغ Hawarth .

الفصل الثاني: الكاربوهيدرات



حلقة pyranose



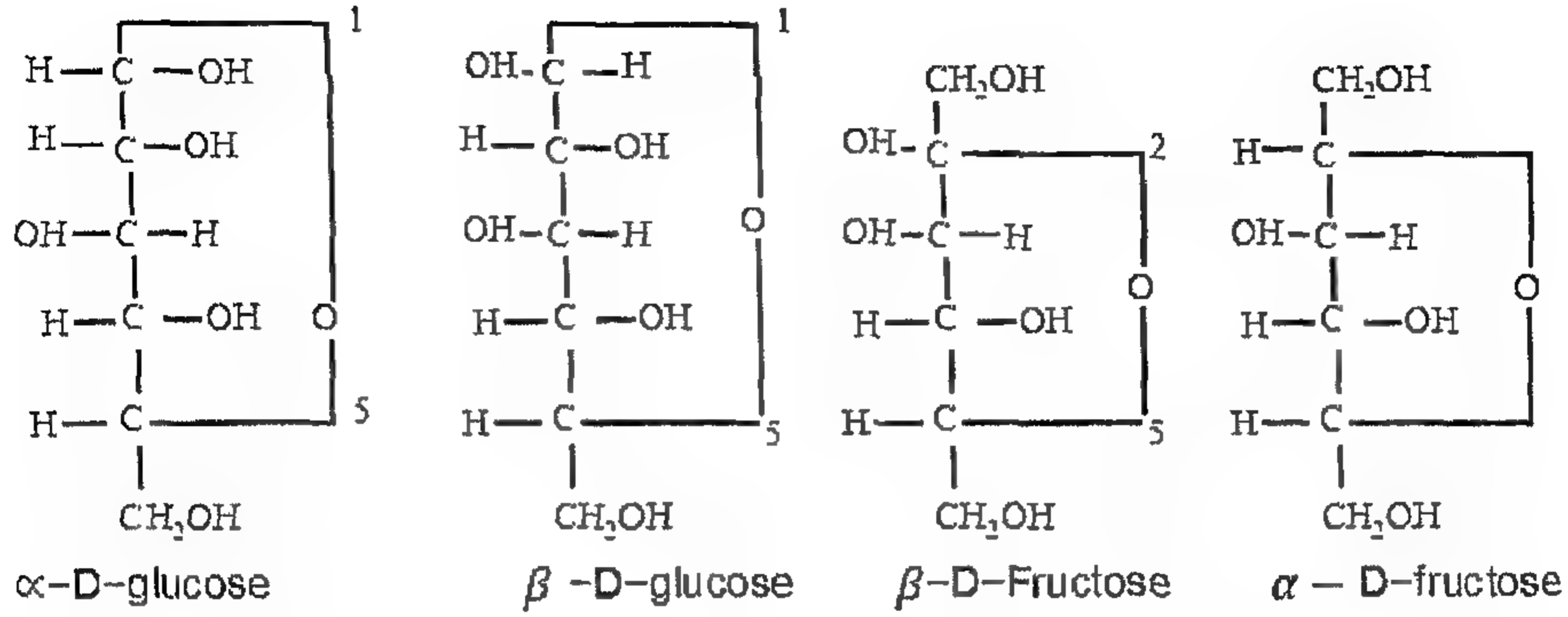
حلقة Furanose

يمكن للكلوكوز في هذا التركيب ان يوجد بشكلين آخرين وهما α و β يتحول احدهما إلى الآخر لحين الوصول ألي حالة التبادل ويطلق على هذه الظاهرة بتغير أو تحول الدوران mutarotation فقد وجد أن محلول α -D-glucose المحضر حديثا يظهر دورة نوعية تقدر بـ $+112.2$ ويظهر محلول النوع الآخر من الكلوكوز المسمى β -D-glucose دورة نوعية تقدر بـ $+18.7$ وان الدورة النوعية لكل منهما سوف تصل إلى $+32.7$ حيث تستقر عند هذه القيمة بدون تغير .

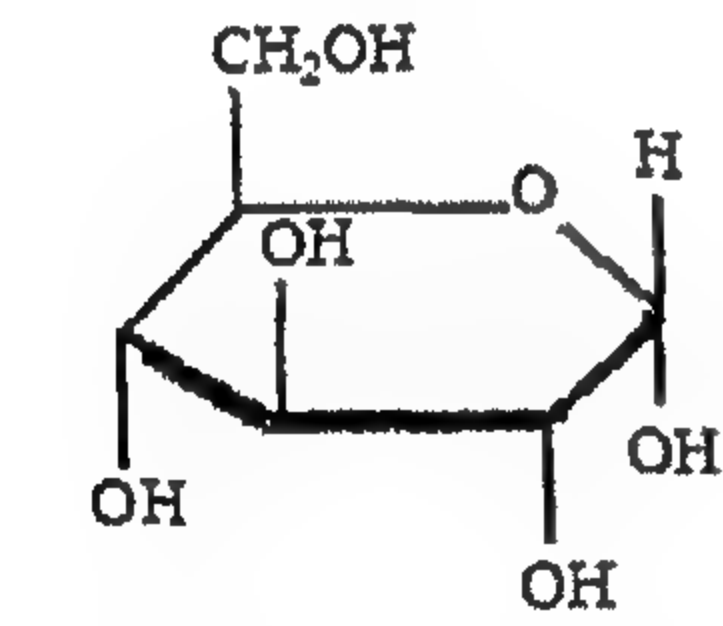
تتكون أصرة ما بين ذرة الكاربون رقم (1) والتي تسمى ذرة الكاربون الأنوميرية Anomeric carbon atom حيث أنها تتكون بين مجموعة الالديهايد وذرة الكاربون رقم (5) وتسمى هذه الأصرة بالأصرة أو الجسر الاوكسيجيني (oxygen bridge) وفي هذه الحالة تضاف ذرة كاربون غير متماثلة أخرى

(asymmetric carbon atom) فتصبح عدد ذرات الكاربون غير المتناسقة (غير المتماثلة) خمسة فيصبح عدد المناظرات $2^5 = 32$ (isomers) أما في السكر الكيتوني (الفركتوز) فيكون عدد ذرات الكاربون غير المتماثلة (4) أربعة بدلا من ثلاثة وسيكون عدد المناظرات $2^4 = 16$ بدلا من ثمانية ويمكن توضيح ذلك كما في الشكل أدناه :-

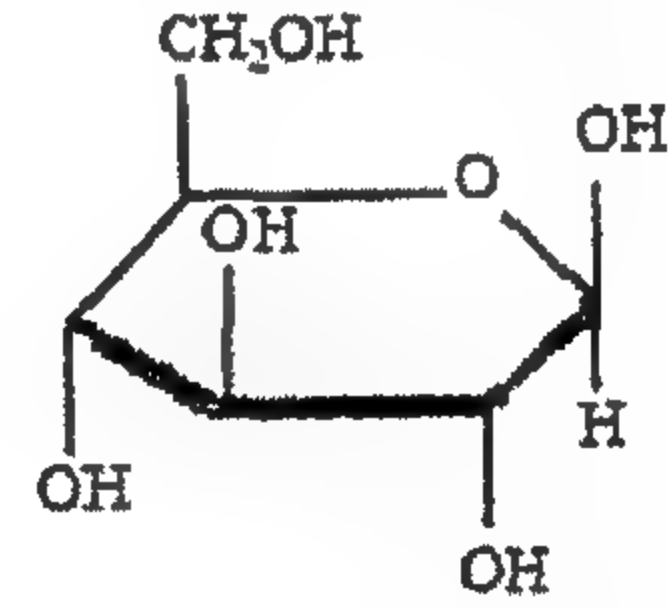
مبادئ الكيمياء الحياتية



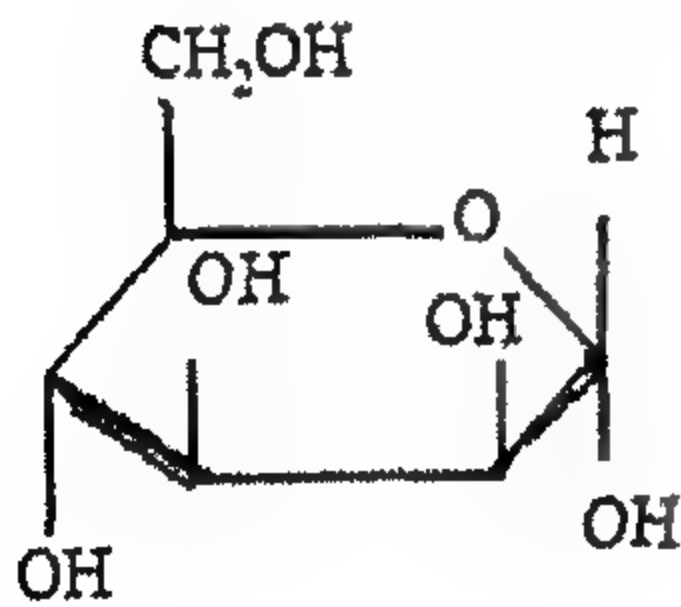
يمكن ملاحظة أنه يحصل ارتباط ما بين ذرة الكربون رقم (2) في السكر الكيتوني والتي هنا تمثل مجموعة الكيتون وذرة الكربون رقم (5) بأصرة اوكسيجينية أيضا كما في حالة السكر الالديهايدي الذي ورد سابقا. يمكن تمثيل التركيب الحلقي للسكريات السداسية الشائعة في الطبيعة كما هو مبين أدناه :-



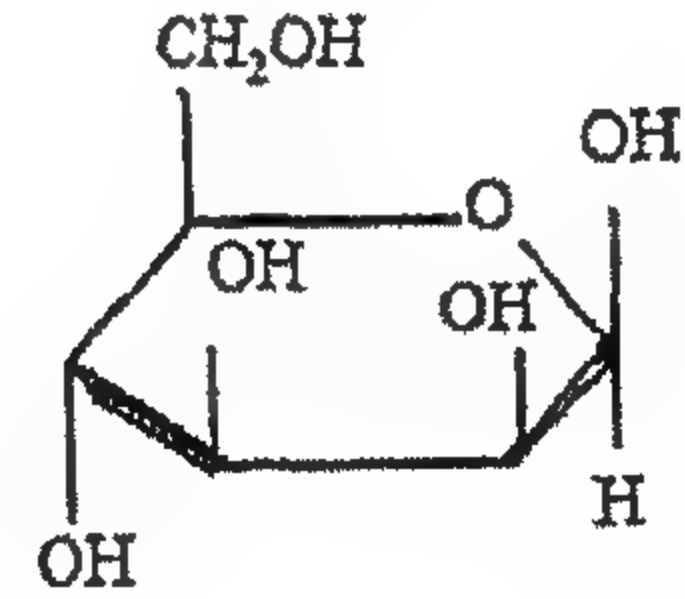
α -D-Glucopyranose



β -D-Glucopyranose



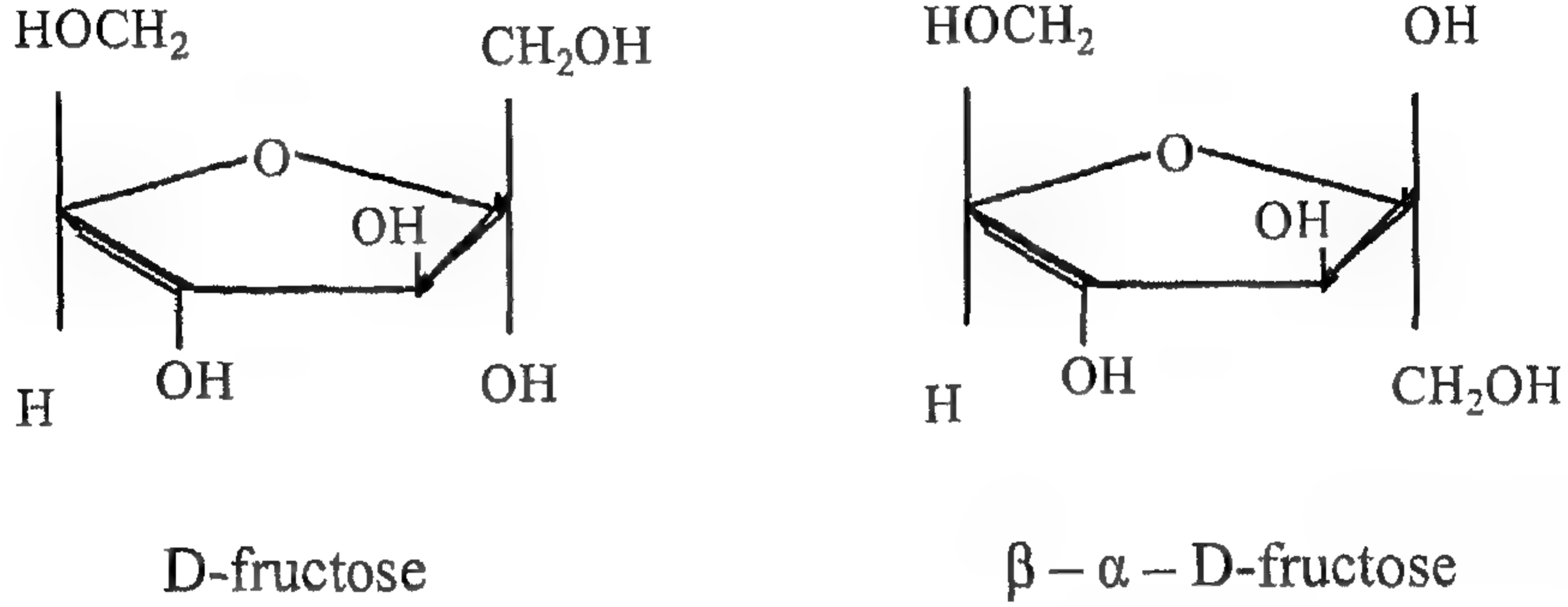
α manno pyranose



β -D-manno pyranose

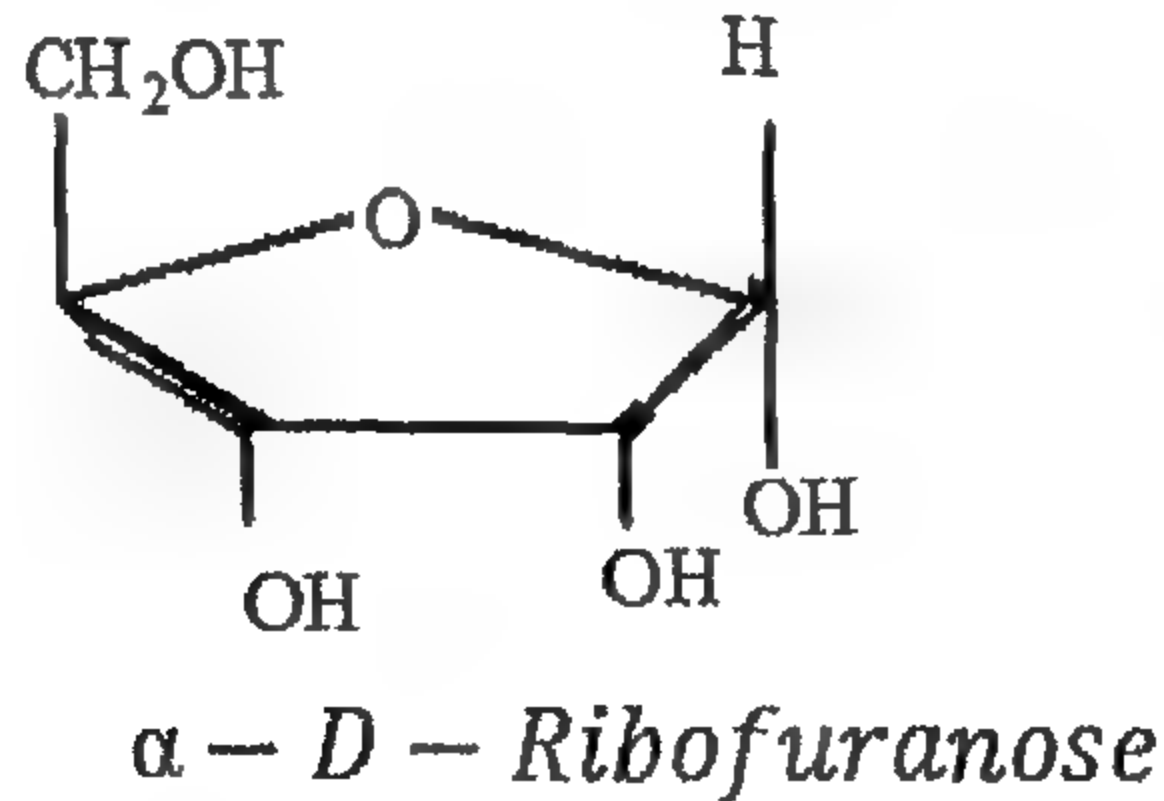
الفصل الثاني: الكاربوهيدرات

أما السكر السداسي الكيتوني (فركتوز) فيمكن توضيحه حسب الشكل التالي:



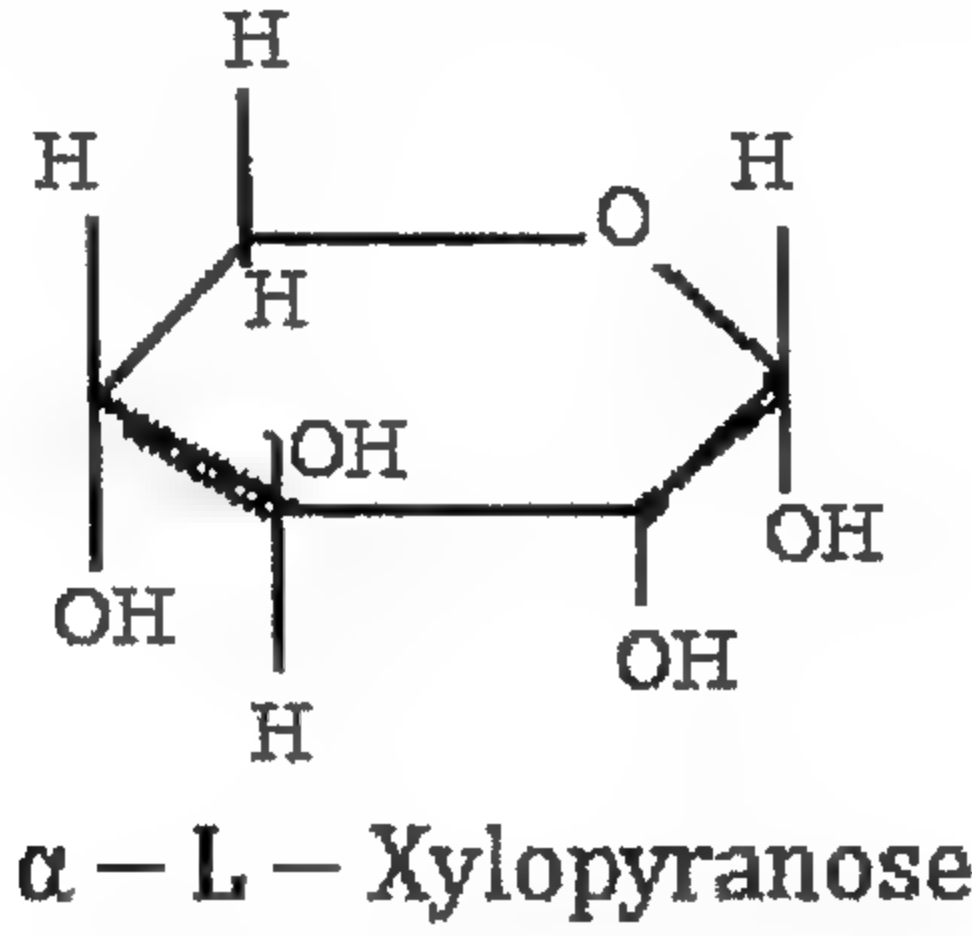
السكريات خماسية الكربون (Pentoses)

من السكريات الخماسية المهمة ذات الانتشار الواسع في الطبيعة هي :
D-ribose, D-xylose و L-arabinose وهي جميعا من السكريات
الالديهيدية Aldoses أما السكريات الكيتونية الخماسية فهي مثل
D-Ribulose و L-xylulose وينتج من تحطم الكلوكوز في مسار الفسفور
كلوكانيت أما D-arabinose فانه يوجد في الصمغ العربي والخوخ والكرز أما
Lyxose فيوجد في العضلات القلبية يدخل D-ribose في تركيب الحامض
النووي RNA وبعض المرافقات الأنزيمية مثل FAD,NAD,ATP أما Deoxy
ribose فيدخل في تركيب DNA.



السكريات سداسية الكربون Hexose

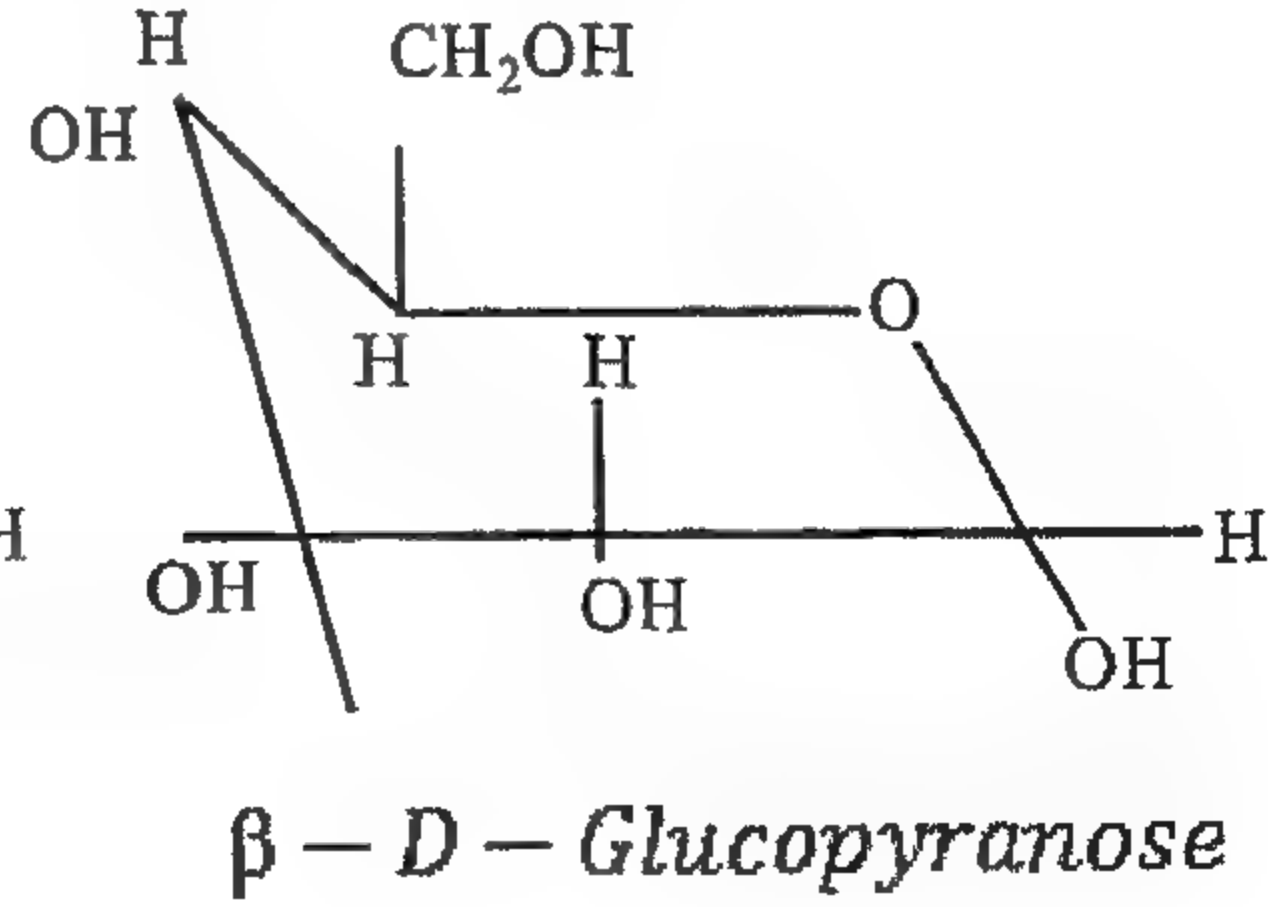
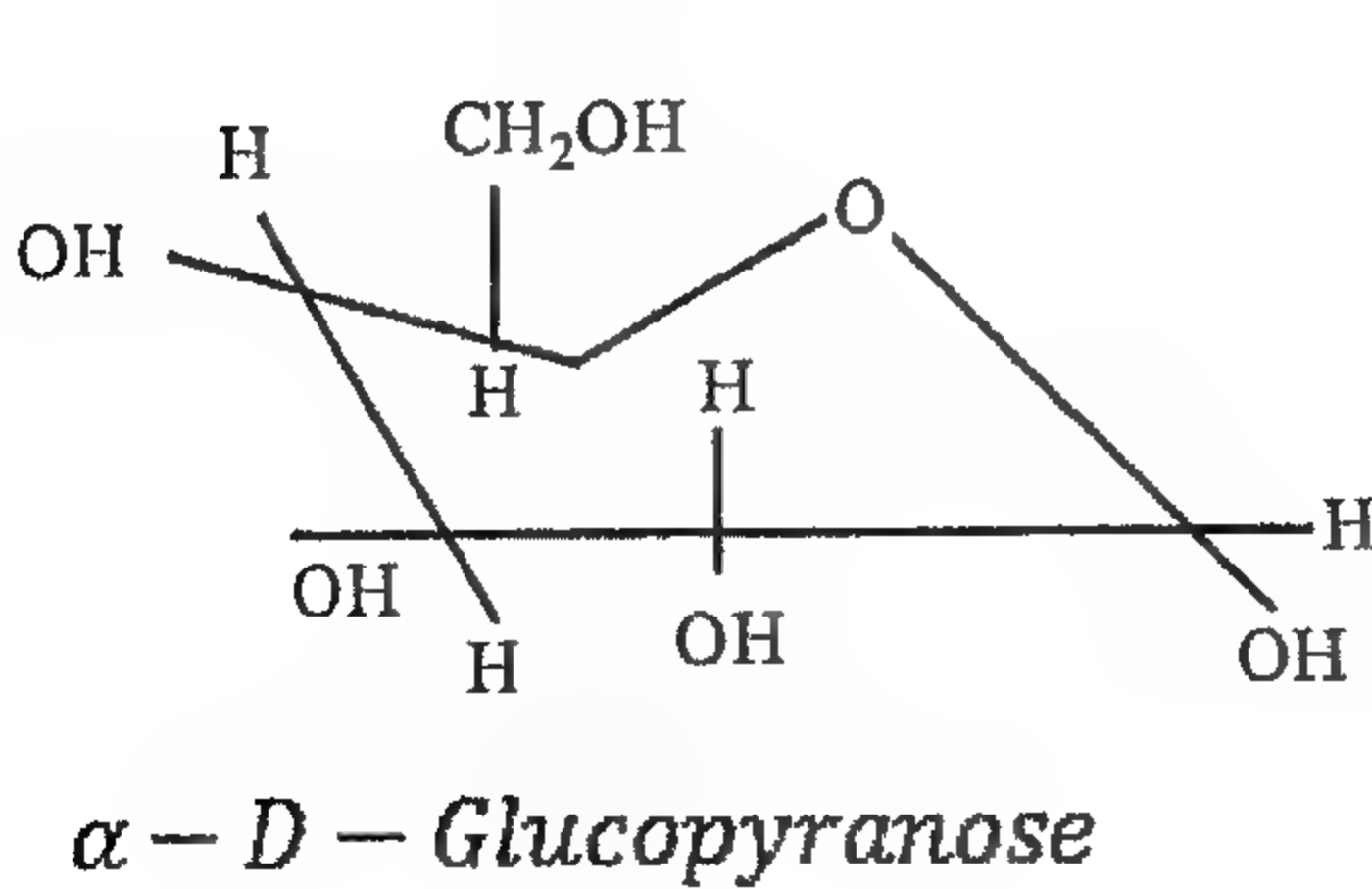
وهي مثل D-Glucose والناتج من تحليل النشا والسكروز والمالتوز واللاكتوز وهو من من المصادر المهمة للطاقة للدماغ وكريات الدم الحمراء أما الفركتوز فهو ينتج من تحليل السكروز والأنثولين ويتحول في الكبد والأمعاء إلى سكر الكلوكوز ويوجد في الحالة الحرة في السائل المنوي وهو مصدر الطاقة في الحيامن أما الكالكتوز فيوجد في الغدد اللبنية وهو احد مكونات السكريات الدهنية glycolipids والسكريات البروتينية أما المانوز فهو ينتج من تحليل نبات المانوزان والصمغ وهو يدخل في تركيب السكريات المتعددة المرتبطة بالالبومين والكلوبيولين وكذلك السكريات البروتينية ويوجد في زلال البيض .



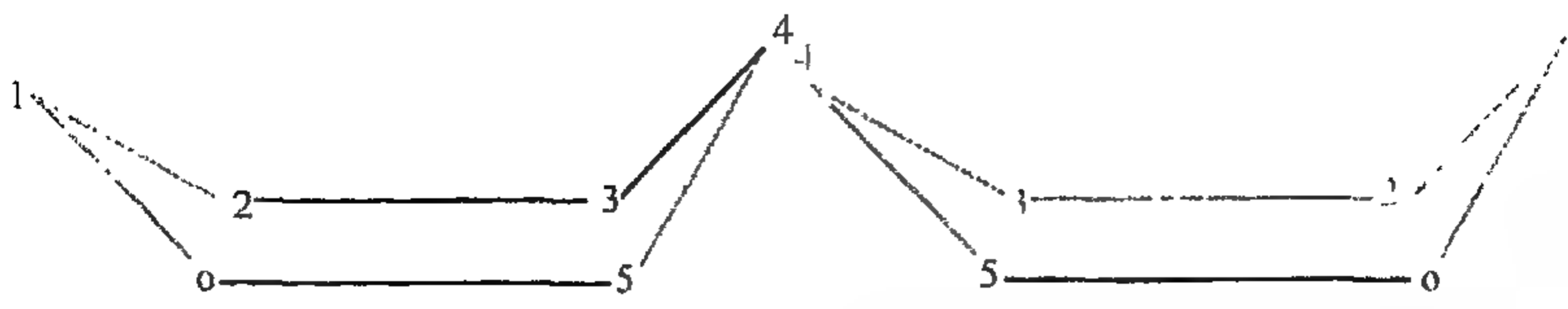
صيغ الكرسي والزورق للسكريات الأحادية

يمكن أن يكتب التركيب الكيميائي للسكريات بهيئة زورق (سلم)

boat وكما هو موضح ادناه : -

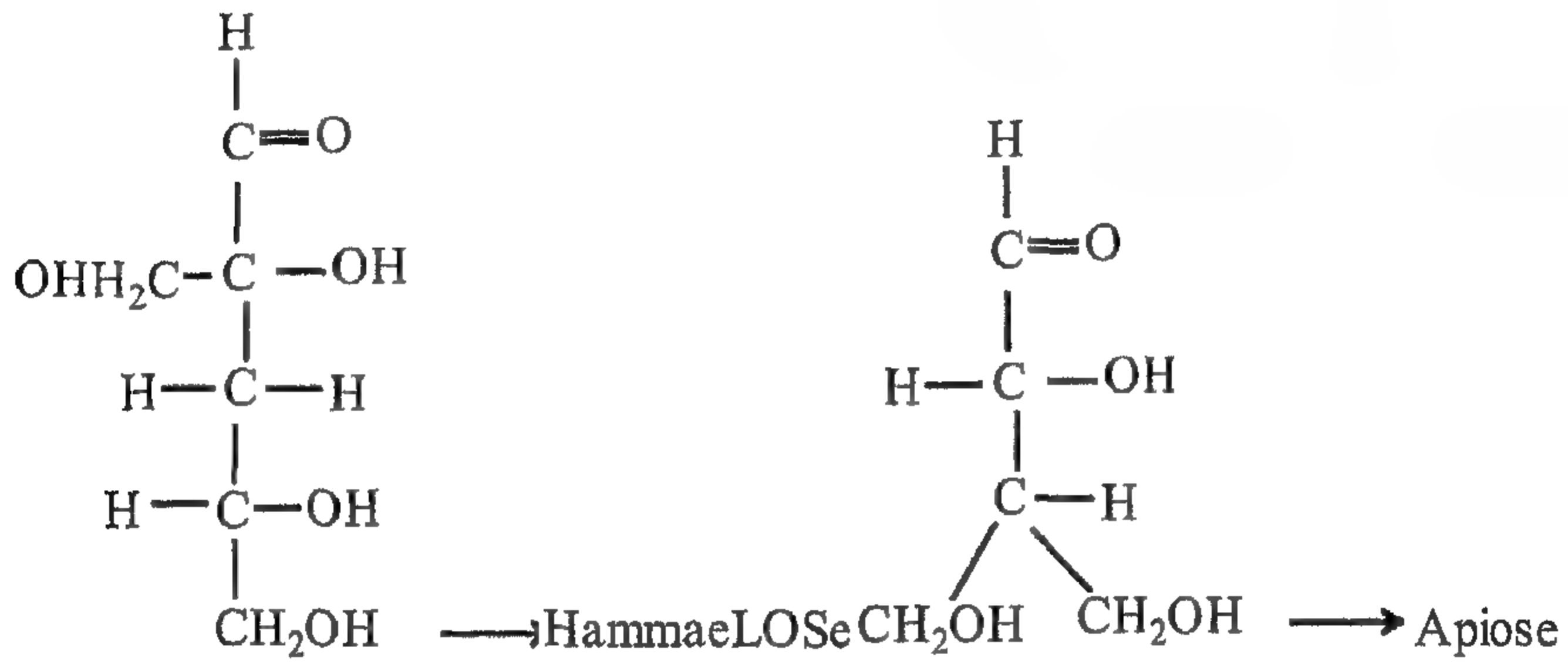


الفصل الثاني: الكاربوهيدرات

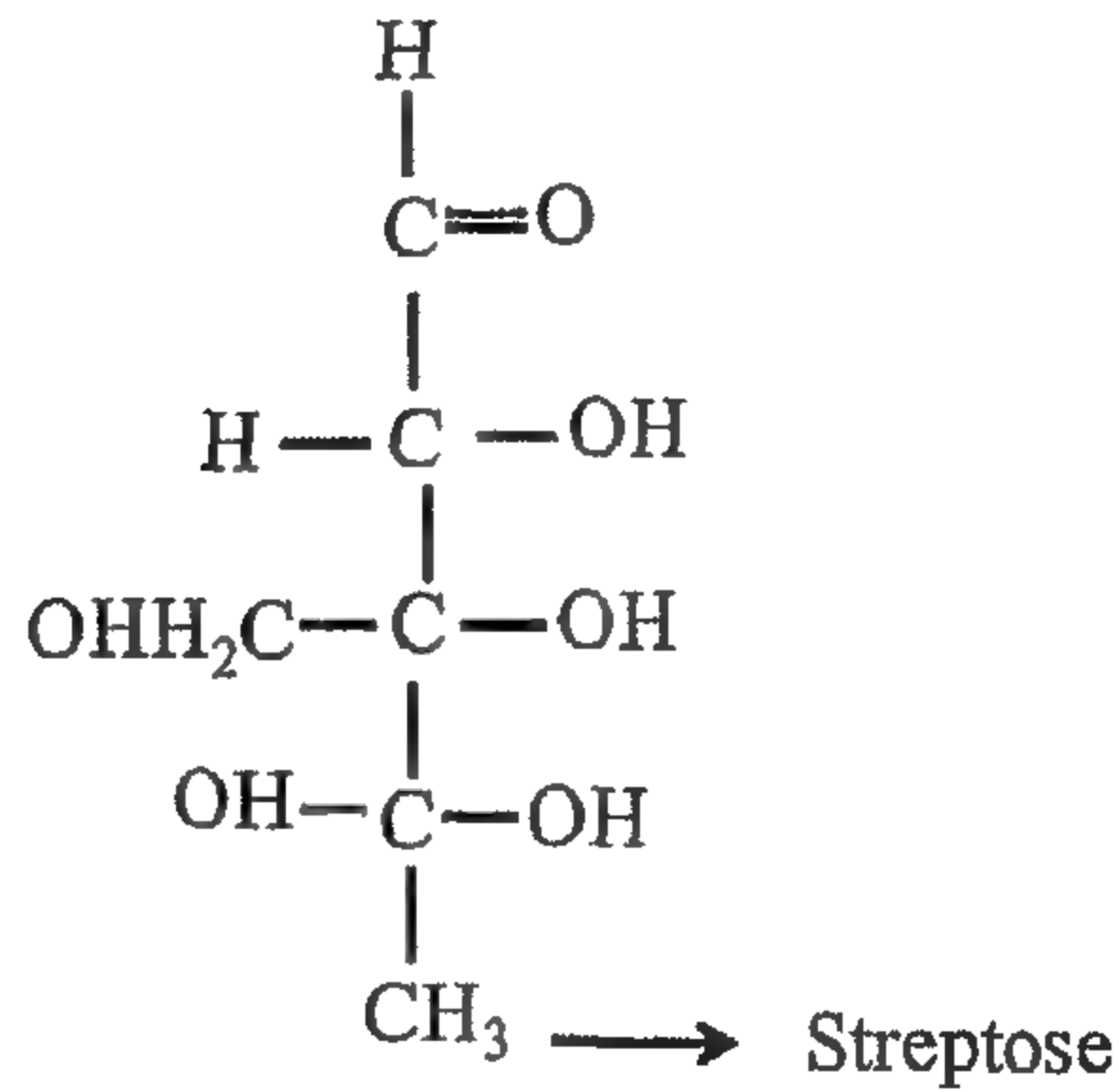


السكريات الأحادية متشعبة السلسلة :

أن أهم هذه السكريات هو (Apiose) والذي يوجد في أوراق البقدونس كما هو موضح في تركيبه :



السكر الأحادي streptose الذي يدخل في تركيب المضادات الحيوية Antibiotics وكما موضح تركيبه أدناه :



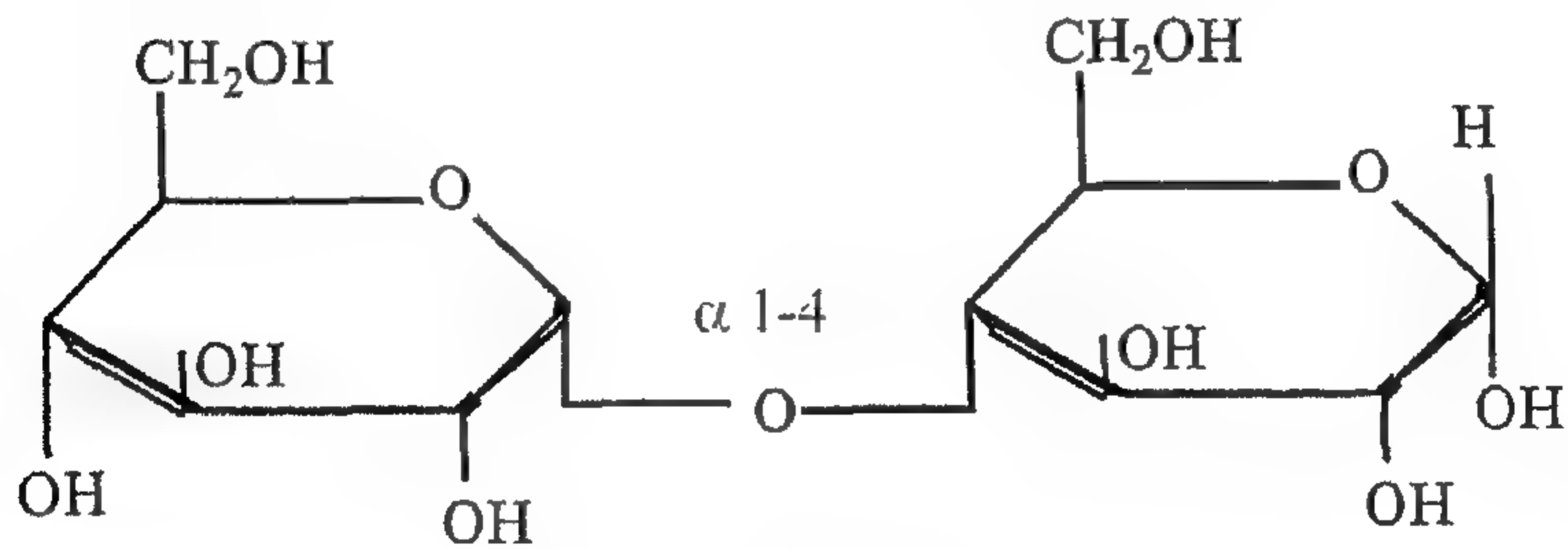
السكريات قليلة الوحدات Oligosaccharides

ينتج عند تحلله 2 - 10 وحدات (جزيئات) من السكريات الأحادية تدخل السكريات الثنائية ضمن هذه المجموعة :

1 - السكريات الثنائية Disaccharides :من أكثر هذه السكريات انتشارا هو المالتوز Maltose و اللاكتوز Lactose والسكروز Sucrose

المالتوز Maltose أو ما يسمى بسكر الشعير Barely suger

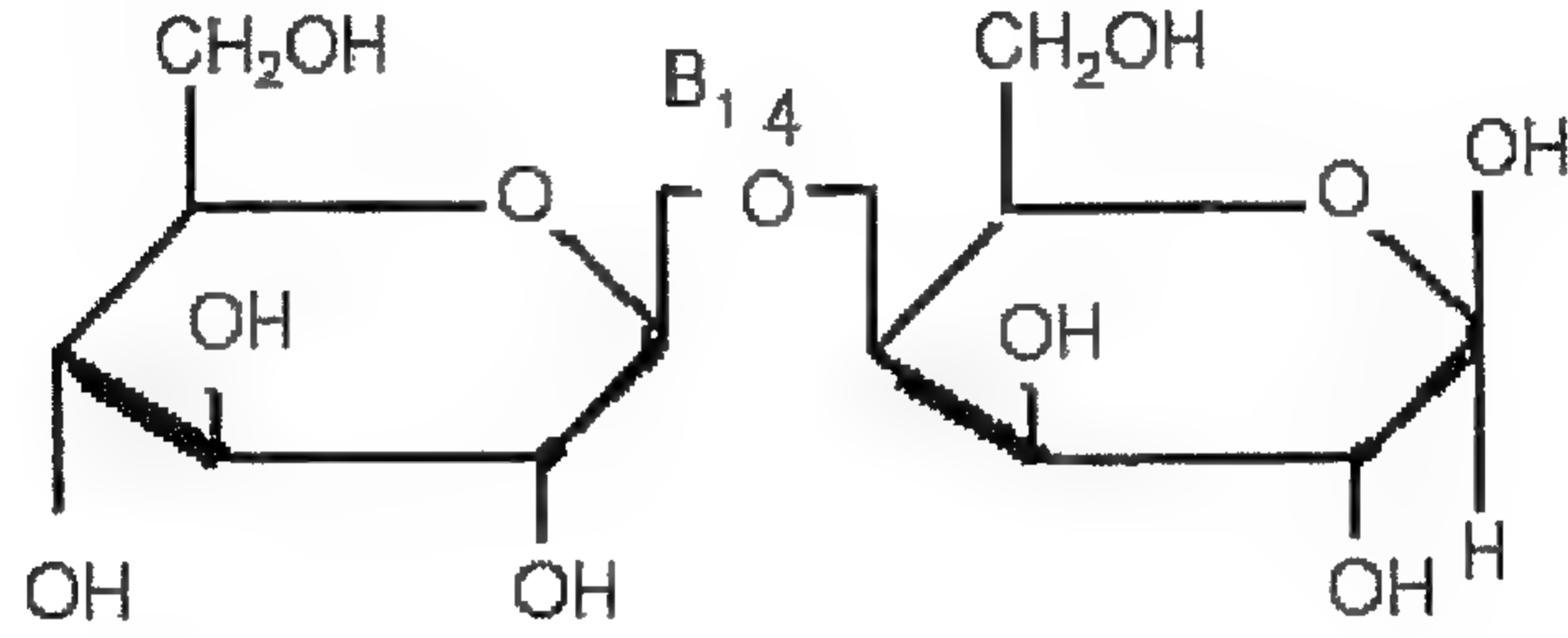
تكون درجة حلاوته 35% وينتج كمركب وسطي عند تحليل النشا Starch بفعل أنزيم Amylase. يتكون المالتوز من جزيئتي كلوكوز مرتبطتان مع بعضهما بواسطة أوأصر كلايكوسيدية Glycosidic Bonds من النوع $\alpha 1 - 4$ ويعتبر من السكريات الثنائية المختزلة Reducing Sugars حيث أن ذرة الكربون الأنوميرية لأحدى وحدات الكلوكوز تكون حرة أما الأخرى فتكون مقيدة blocked بواسطة الأصرة الكلايكوسيدية كما أنه (أي المالتوز) يكون من السكريات الثنائية متشابهة الوحدات أي Homodisacharides. يمكن أن يكون المالتوز بهيئة α او هيئة β لكون أن ذرة الكربون الأنوميرية فيه تكون حرة وكما هو موضح في الشكل :



Maltose

الفصل الثاني: الكربوهيدرات

وينتج المالتوز من هضم النشا بواسطة أنزيم Amylase أو التحلل ألحامضي للنشا أما السكر الآخر الثنائي الذي يشابه تركيب المالتوز هو السليوبايوز ويشابهه من حيث الوحدات (الجزيئات) الداخلة في تركيبه وهي D-Glucose إلا أنه يختلف عنه بنوع الأصرة حيث أنها تكون من النوع $\beta - 1 - 4$ وكما موضح في الشكل :



Cellobiose

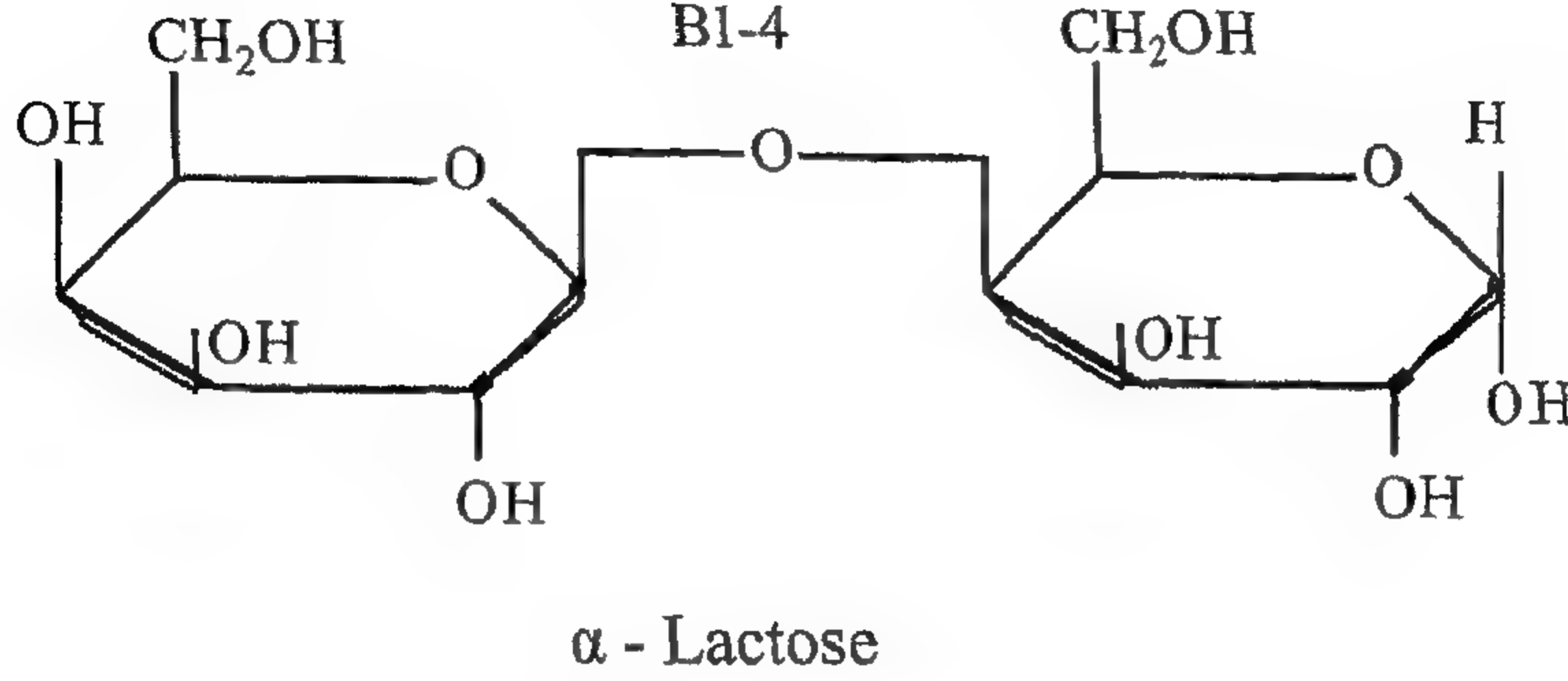
ينتج هذا النوع من السكر إثناء تحلل السكر المتعدد السليلوز Cellulose وهو أيضا من السكريات المختزلة لكون أن إحدى ذرات الكربون الأنوميرية تكون حرة غير مقيدة .

اللاكتوز Lactose أو ما يسمى بسكر الحليب Milk Sugar

وهو من نوع السكريات مختلفة الوحدات Hetro disaccharides ويكون ذو درجة حلاوة 25% حيث أنه يتكون من وحدة كالكتوز D-Galactose مرتبط بوحدة D-glucose بأصرة من نوع β ويسمى بسكر الحليب ويوجد في لبن الثدييات يمتاز اللاكتوز بقابليته الاختزالية الضعيفة لوجود ذرة كربون أنوميرية حرة واحدة فقط أما الأخرى فتكون مرتبطة بأصرة من نوع β بين ذرة الكربون رقم (1) لـ D-Galactose مع ذرة الكربون رقم (4) لـ D-

مبادئ الكيمياء الحياتية

Glucose كما L يمتاز اللاكتوز بقابليته على تدوير الضوء المستقطب ويمكن توضيح التركيب الكيميائي لجزيئة اللاكتوز كما هو مبين :



السكروز Sucrose أو ما يسمى بسكر القصب Sugar cane

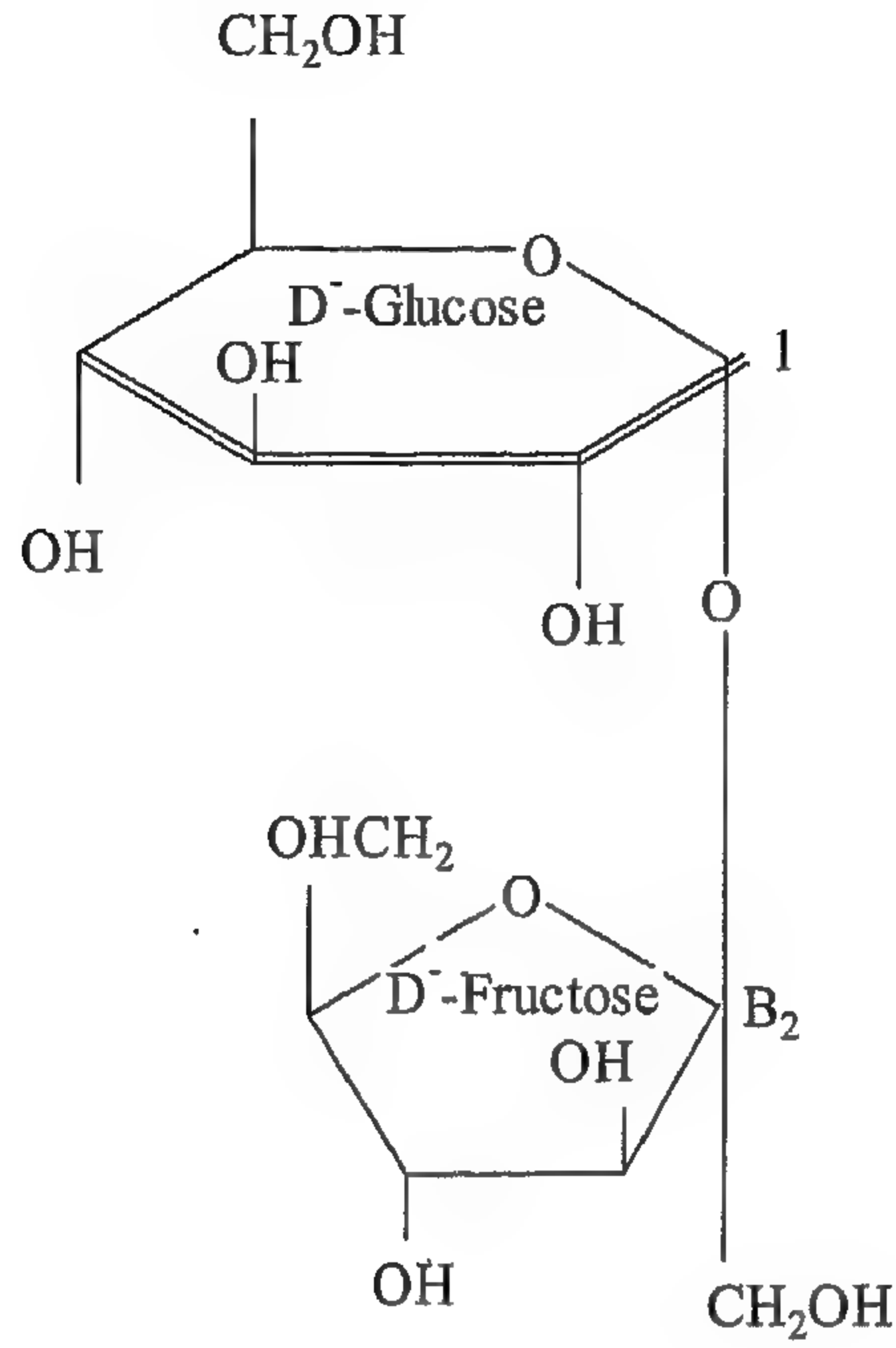
وهو سكر ثنائي مختلف الوحدات Hetrodisaccharide وتكون درجة حلاوته 100% يتكون من جزيئة (وحدة) كلوكوز D - مرتبطة مع جزيئة فركتوز بأصرة من نوع $\beta 2$ $\alpha 1$ بين ذرتي الكربون الأنوميريتين لذا فإن هذا النوع من السكر يكون غير مختزل لكون ذرتي الكربون الأنوميريتين تكون مقيدتين بالأصرة الكلايكوسيدية. يوجد السكروز في عصير النباتات وخاصة قصب السكر والبنجر السكري والأناناس وجذور الجزر.

أن السكروز هو أيضا سكر المائدة الذي نستخدمه يوميا وعندما نتناوله فإن أنزيم Suucrase الذي يوجد في الأمعاء يقوم بفصل الأواصر الكلايكوسيدية محررا الكلوكوز والفركتوز حيث يتم امتصاصها عبر الأمعاء ومن ثم يستخدمان في توليد الطاقة.

يمكن رسم التركيب الكيميائي للسكروز كما هو موضح في الشكل

التالي : -

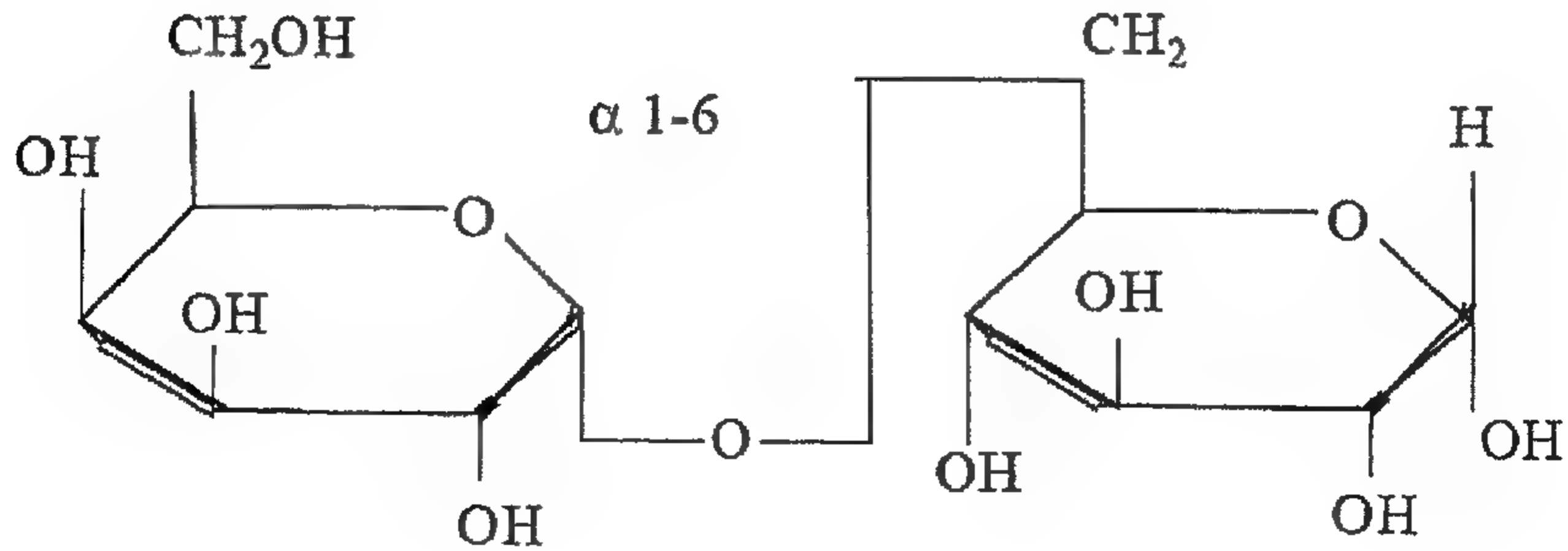
الفصل الثاني: الكاربوهيدرات



Sucrose

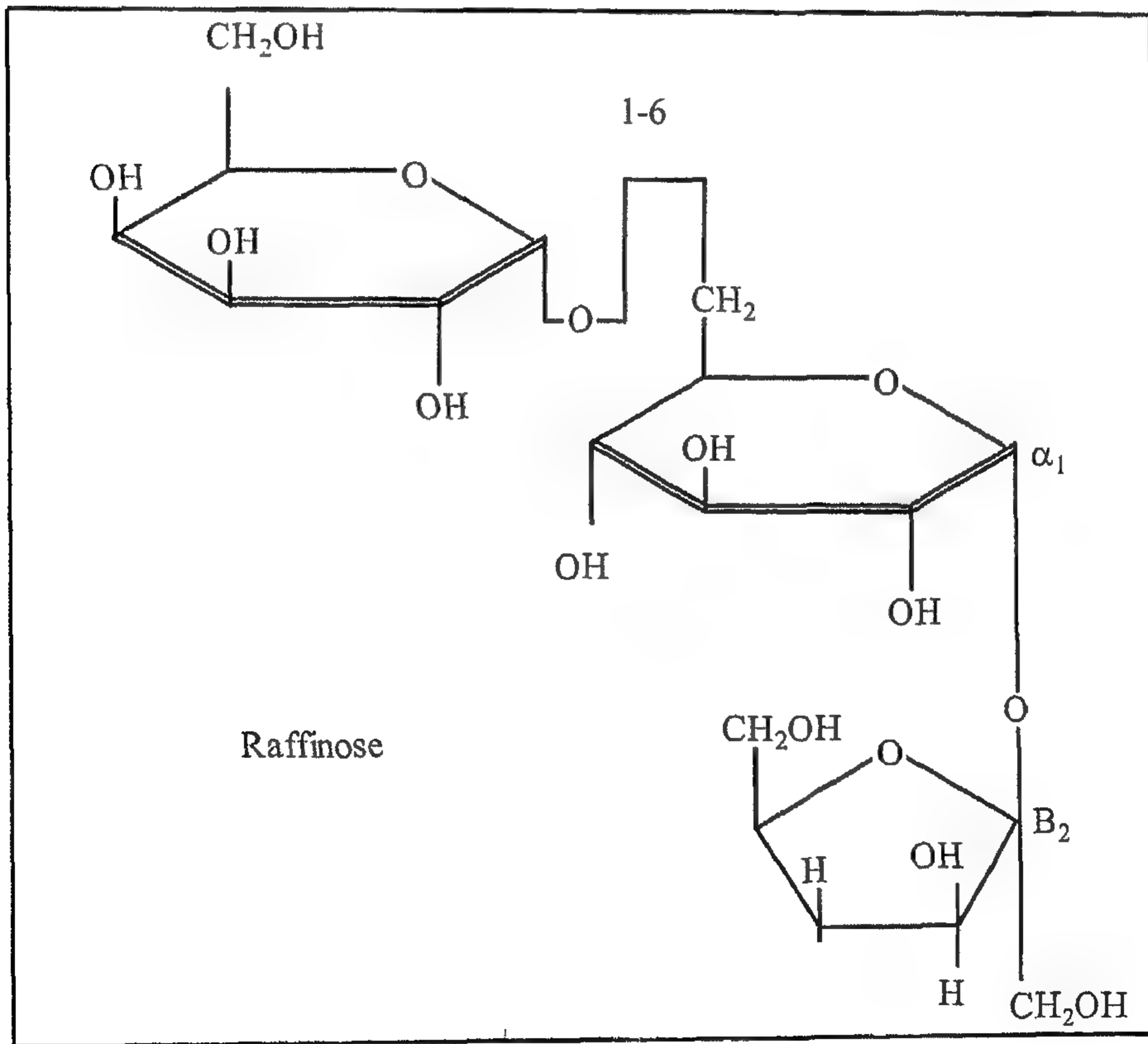
المالبيوز Melibiose

وهو عبارة عن سكر ثنائي يتكون من D-Glucose مرتبطاً بأصرة كليكوسيدية من نوع 6 - 1 α مع D-Glucose كما موضح في الشكل أدناه



السكريات الثلاثية Trisaccharides

من أهم السكريات الثلاثية هي Raffinose ، Gentianose ، Melizitose يتكون الرافيتوز من Galactose+ Glucose+ fructose وهو من السكريات واسعة الانتشار ويوجد في نبات البنجر السكري أما Gentianose فيتكون من $D-Glucose + D-Fructose$ أما سكر الـ Melizitose فيتكون من $D-Glucose + D-Fructose + D-Glucose$ فيما يلي التركيب الكيميائي لأحد هذه السكريات وهو Raffinose



السكريات المتعددة poly saccharides

وهي ذلك النوع من السكريات التي تتكون من عدد كبير من وحدات (جزيئات) السكريات الأحادية والتي يصل عددها ألي عدة مئات أو عدة آلاف

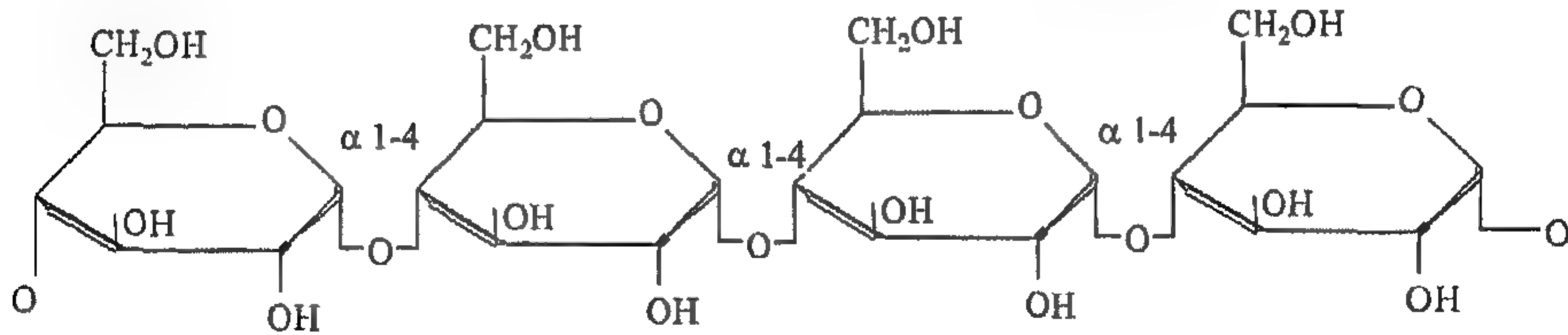
الفصل الثاني: الكاربوهيدرات

والمرتبطة مع بعضها الآخر بواسطة أواصر كليكوسيدية Glycosidic bonds من نوع α أو β ووحدات السكريات الأحادية أما تكون متشابهة مثل النشا Starch و الكلايكوجين و السليلوز أو قد تكون هذه الوحدات مختلفة مثل الهيبارين وحامض الهاليويورنيك

النشا starch

يعد من السكريات المتعددة الخازنة للطاقة في النبات كما أنه مصدر غذائي مهم للإنسان والحيوان ويعمل النشا على تزويد الجسم بالطاقة لفترات طويلة بسبب بطئ عملية هضمة تتكون النشويات الطبيعية من نوعين من المركبات يمكن فصل أحدهما عن الآخر النوع الأول هو amylose (الاميلوز) وهو يتكون من سلسلة طويلة مستقيمة linear غير متشعبة من وحدات الـ D-Glucose مرتبطة مع بعضها بواسطة أواصر كليكوسيدية من نوع $\alpha 1 - 4$ وبصورة عامة فأنه لا يذوب في الماء .

ويتراوح الوزن الجزيئي للاميلوز بين بضعة آلاف إلى 50.000 وتكون نسبة الاميلوز اقل من نسبة الاميلوبكتين في النشا الكلي حيث تتراوح بين 17 - 30% من النشا الكلي في الذرة والرز و البطاطا وفي نباتات أخرى تتراوح نسبته بين 10 - 20% يعطي الاميلوز لونا ازرقا مع اليود ويمكن رسم التركيب الكيميائي للاميلوز كما هو مبين أدناه:



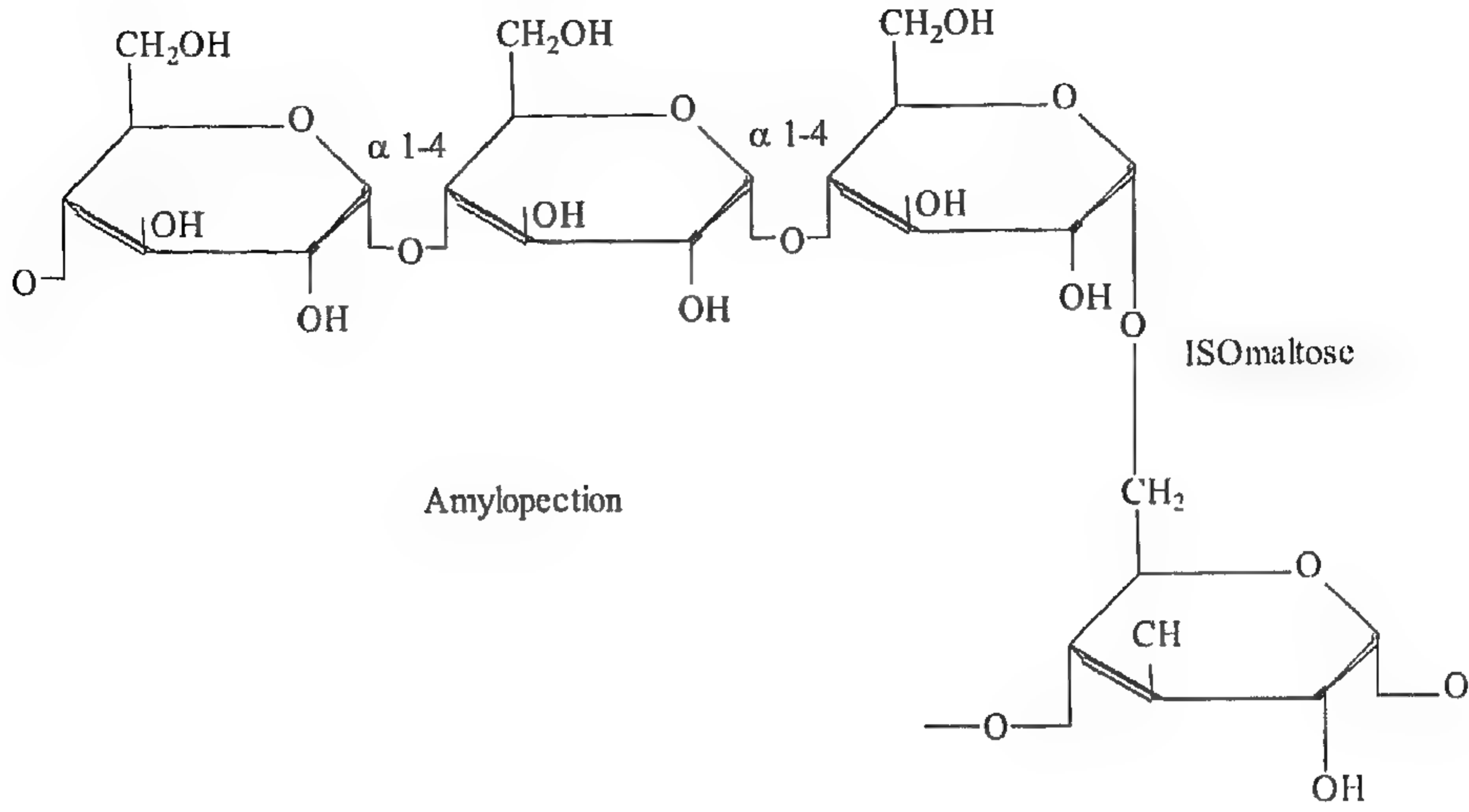
التركيب الكيميائي للاميلوز

أما الجزء الثاني فهو الاميلوبكتين والذي يشكل نسبة 70 - 80% من النشا الكلي بصورة عامة في النباتات وهو الذي يتكون من سلاسل مستقيمة من

D -Glucose ترتبط مع بعضها بواسطة أواصر كلايكوسيدية من نوع $4 - \alpha 1$ وتستمر هذه السلسلة المستقيمة لحد 24 - 30 وحدة من D -Glucose لتتفرع بأواصر من نوع $6 - \alpha 1$ يكون الاميلوبكتين ألي حد ما أكثر ذوبانا في الماء من من الاميلوز ويعطي الاميلوبكتين لونا ارجواني احمر مع اليود يتحلل الاميلوبكتين عشوائيا عند معاملته بأنزيم $\alpha - amylase$ حيث أنه أي الأنزيم يحلل الأواصر $4 - \alpha 1$ وليس $6 - \alpha 1$ وينتج عن ذلك خليط متفرع وغير متفرع من السكريات قليلة الوحدات ويكون هذا الخليط غنيا بالأواصر $6 - \alpha 1$ اما الأنزيم $\beta - amylase$ فيحلل الاميلوبكتين من النهايات غير المختزلة لينتج عن ذلك وحدات متعاقبة من المالتوز وتستمر هذه العملية لحين الوصول إلى نقاط التفرع لذا فإن الجزء المتبقي الناتج بعد التحلل غير الكامل للاميلوبكتين يسمى بالدكسترين Dextrins ، أما بالنسبة للاميلوز فيتحلل بأنزيم $\alpha - amylase$ وأنزيم $\beta - amylase$ حيث يقوم الأنزيم الأول بتحليل الاميلوز بصورة عشوائية لينتج خليطا من الكلوكوز والمالتوز بينما يقوم $\beta - amylase$ بتحليل الاميلوز لينتج عن ذلك المالتوز بصورة كاملة .

يمكن أيضا فصل الايسومالتوز (سكر ثنائي من نواتج التحلل غير الكامل للاميلوبكتين حيث أنه يتكون من آصرة من نوع $6 - \alpha 1$ ، أدناه التركيب الكيميائي للاميلوبكتين والاييسومالتوز: -

الفصل الثاني: الكاربوهيدرات

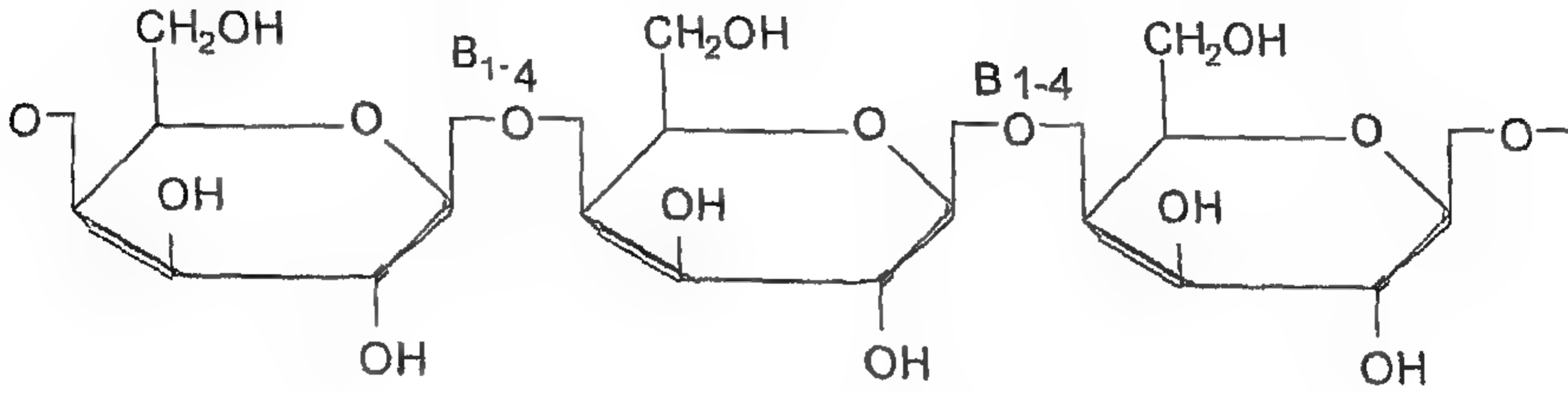


السيليلوز Cellulose

أن السيليلوز من أكثر مصادر الطاقة شيوعاً في الطبيعة ويعد المادة الأساسية المكونة للنبات حيث أنه يشكل حوالي 50% من تركيب جدار الخلية النباتية ، كما أن الأخشاب التي نبني بها والأوراق التي نكتب عليها هي من السيليلوز والهيميسيليلوز وهو من السكريات المتعددة ذات الوظائف التركيبية كما يعتبر القطن من أنقى مصادر السيليلوز لاسيما وأنه يحتوي على ما يقل عن 90% سيليلوز يتألف السيليلوز من وحدات (جزيئات) ذات سلسلة مستقيمة من D-Glucose ويختلف عن الاميلوز بكونه يرتبط بأصرة من نوع (4- β 1) ويتراوح عدد الوحدات الداخلة في تركيب السيليلوز من 300 - 15.000 وحدة (جزيئة) أن التحلل الكامل للسيليلوز يعطي وحدات كلوكوز أما التحلل الجزئي partial hydrolysis فيعطي جزيئات سيلوبايوز Cellobiose هناك نوع من البكتريا تمتلك أنزيم Cellulase تعمل على شطر الأواصر الكلايكوسيدية (4- β 1) وتعتمد الحيوانات المجترة في هضمها للسيليلوز على هذه البكتريا التي توجد في جهازها الهضمي والإنسان يفتقر إلى هذا الأنزيم كما هو الحال في بقية الكائنات الحية عدا المجترات. كما تحتوي الحشرات المختلفة والقواقع

مبادئ الكيمياء الحياتية

والبكتريا والفطريات والطحالب على أنزيم Cellulase ويمكن توضيح التركيب الكيميائي لجزيئة السليلوز كما هو مبين أدناه في الشكل :-



التركيب الكيميائي للسليلوز

تعمل الألياف غير المذابة (السليلوز) على تقليل الخطر من الإصابة بسرطان القولون وخفض نسبة الكوليسترول في الدم .

الكلايكون Glycogen

يعد الكلايكون من السكريات المتعددة المتجانسة التي تقوم بوظيفة تخزين الكلوكوز وبالتالي فهو مخزن للطاقة في جسم الحيوان حيث أن الكبد liver والأنسجة العضلية muscular tissues هي المواقع الرئيسية لتصنيع وتخزين الكلايكون في جسم الحيوان والكلايكون يشابه الاميلوبكتين في التركيب الكيميائي إلا أنه يكون أكثر تفرعا حيث أنه يتفرع عند كل 8- 10 وحدات كلوكوز بأصرة من نوع 6- 1 α كما هي في الاميلوبكتين ويمكن أن يتحلل الكلايكون بفعل أنزيمي α, β amylase لينتج الكلوكوز والمالتوز على التوالي إضافة إلى تكون الديكسترين يعطي الكلايكون لونا احمر بنفسجيا مع اليود وتتراوح عدد وحدات الكلوكوز الداخلة في تركيب الكلايكون من 1800 - 60.000 وحدة يمكن الرجوع إلى التراكييب الكيميائي للاميلوبكتين المشابه للتركيب الكيميائي للكلايكون عدا أن عدد التفرعات تكون أكثر في الأخير .

سكريات متعددة أخرى Other polysaccharides

أن الدكستران Dextran هو من السكريات المتعددة المكونة من D-Glucose فقط المرتبط مع بعضه بواسطة أواصر كلايكوسيدية من نوع $\alpha 1 - 6$ ويوجد هذا النوع من السكريات في البكتريا والخمائر .

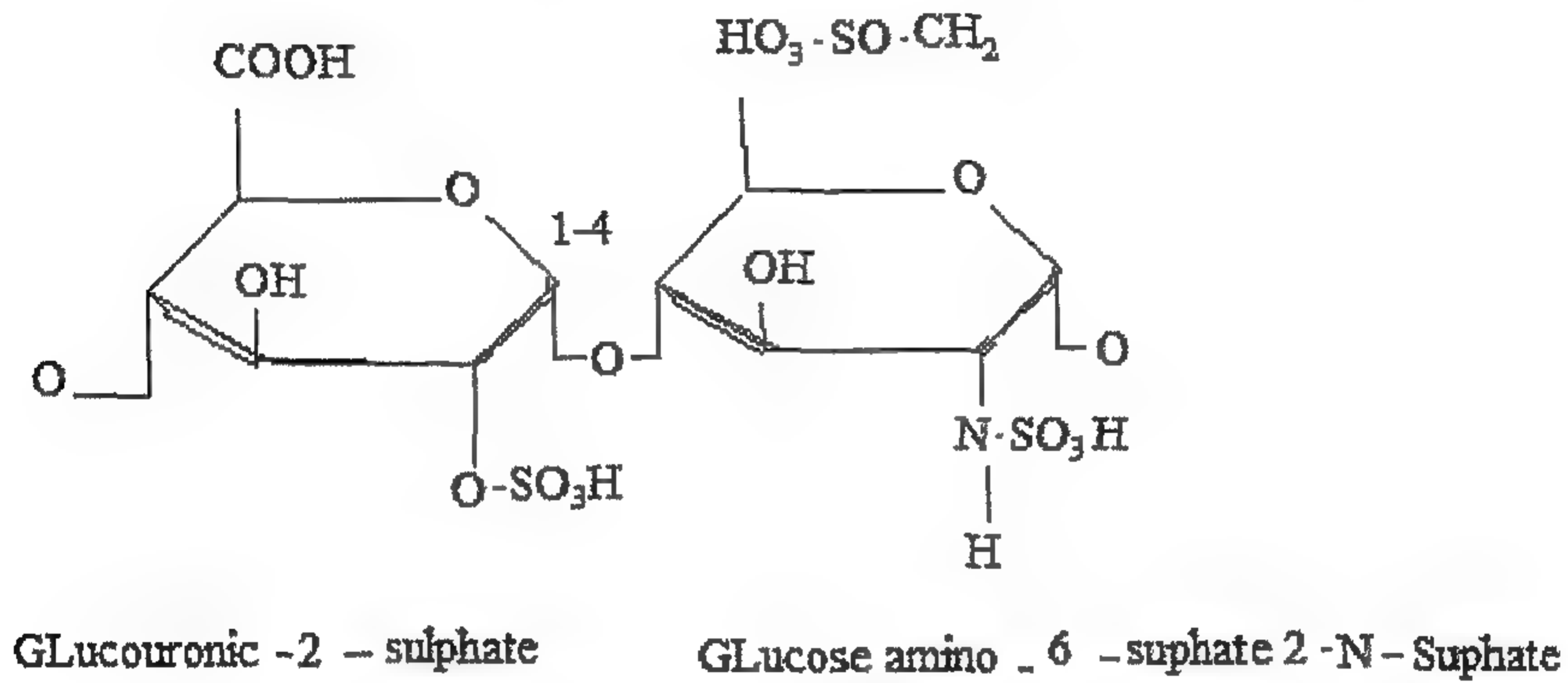
من السكريات المتعددة الأخرى هو fructans ، levans وكذلك Inulin أما المانان Mannans فهذا يتكون من وحدات D-mannose ويكون موجودا في البكتريا والخمائر كذلك فهناك arabinans وهو من السكريات المتعددة التي تتكون من وحدات السكر الخماسي arabinose أما الهيميسليلوز فهو من السكريات المتعددة المتجانسة التي تتكون من وحدات D-Xylose المرتبطة مع بعضها بواسطة الأصرة الكلايكوسيدية من نوع $\beta 1 - 4$ أما السكر المتعدد الكايتين chitin هو عبارة عن المادة الصلبة التي تغطي أجسام الحشرات وأنسجة الفطريات وتتكون من وحدات متعاقبة من N-acetyl-D-glucose. أما حامض البكتيك pectic acid فيتكون من methylester, D- galactouronic acid من السكريات المتعددة الأخرى هو (lignin) ويأتي بالمرتبة الثالثة من حيث انتشاره يعد السليلوز والهيميسليلوز يقاوم اللكنين التحلل بفعل الحوامض ألا انه يذوب في القلويات ويكون تركيبة حلقي. الاكار يعد أيضا من السكريات المتعددة والتي تعد وسط غذائي للفطريات .

السكريات المتعددة غير المتجانسة Hytropolysaccharides

تختلف السكريات المتعددة غير المتجانسة عن المتجانسة بكونها بوليمرات تتألف من أكثر من نوع واحد من الوحدات الكاربوهيدراتية ومن أهم أنواعها السكريات المتعددة المخاطية mucopolysaccharides مثل الهيبارين وحامض الهاليوورنيك. ومن الأنواع الأخرى هو سكر الكوندروتين وكذلك الاصماغ Gums .

الهيبارين

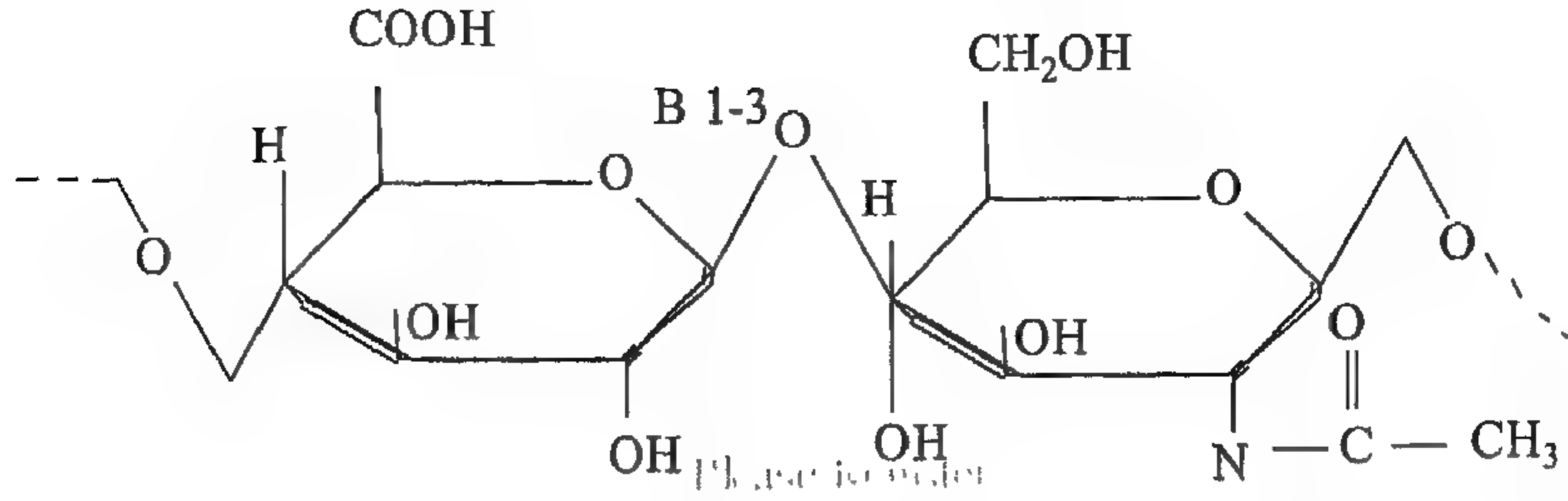
هو عبارة عن سكر متعدد مخاطي حامضي يحتوي على مجموعة كبريتات ويوجد عادة في معظم الخلايا ويعتبر مادة مضادة لتخثر الدم anticoagulant factor وتتكون من وحدات متكررة هي عبارة عن حامض كلوكويورنيك 2- -سلفات مع 2-N-، و 6-Glucoseamine-Sulphate. يمثل الشكل التالي التركيب الكيميائي للهيبارين



الهيبارين

أما حامض الهاليويورنيك فهو عبارة عن وحدات مكررة من D-Glucouronic acid مع السكر الاميني N-acetyl-D-Glucose يرتبطان مع بعضهما بواسطة آصرة من نوع B1-3 والذي يرتبط مع الوحدة المعادة بواسطة آصرة من نوع B1-4 يكون حامض الهاليويورنيك ذو لزوجة عالية بسبب وزنه الجزيئي العالي والذي يصل إلى عدة ملايين ويعمل كمادة لاصقة مابين الخلايا في الأنسجة الرابطة Connective tissues ويمكن إيضاح التركيب الكيميائي لحامض الهاليويورنيك كما هو مبين في الصفحة آتية.

الفصل الثاني: الكاربوهيدرات



((التركيب الكيميائي لحامض الهاليويورنيك))

الكوندروتين Chondrotin

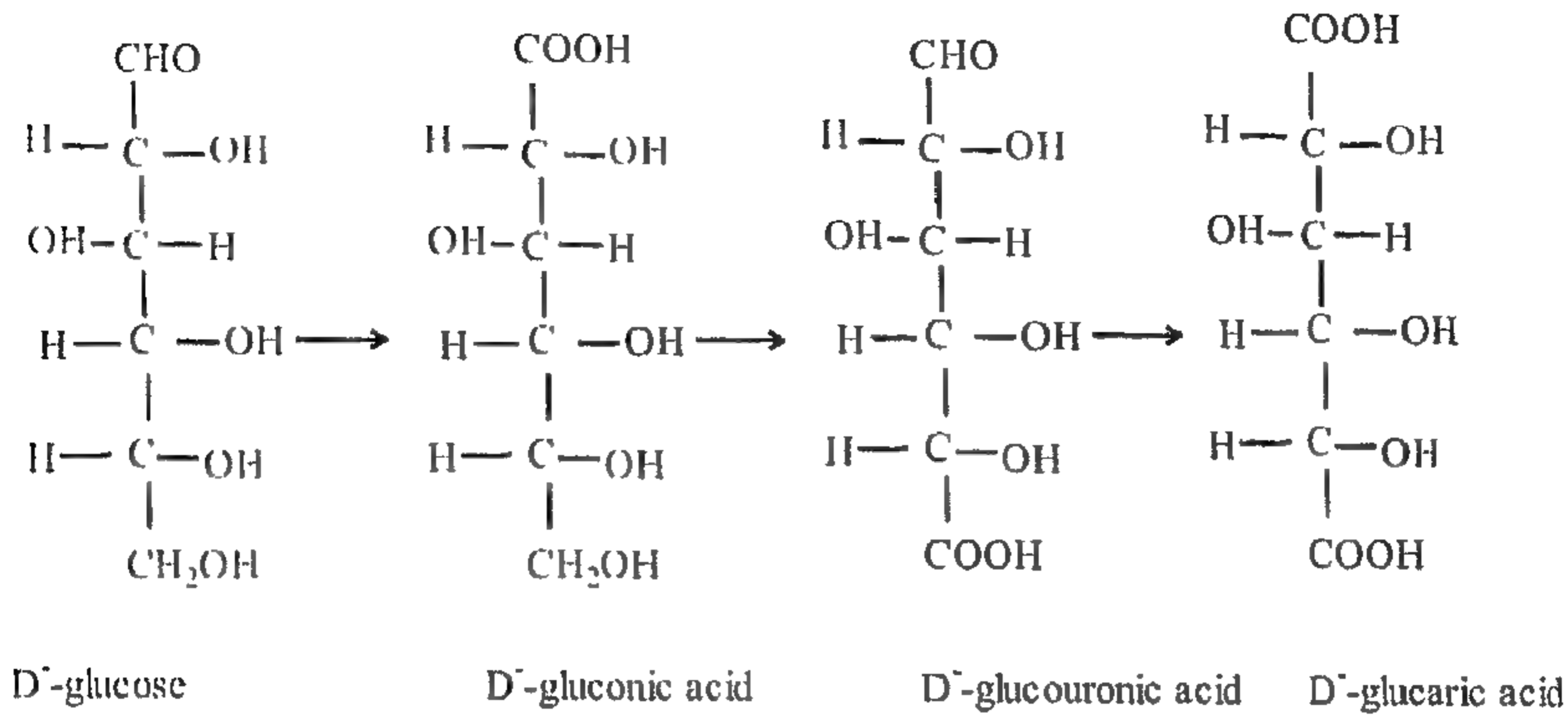
وهو من السكريات غير المتجانسة والتي تشابه التركيب الكيميائي لحامض الهاليويورنيك عدا انه يحتوي على السكر الاميني N-acetyl-D-galactose amine يعد الكوندروتين احد مكونات الاغلفة الخلوية ويعد من المكونات التركيبية الأساسية للغضاريف والأوتار والعظام .

مشتقات السكريات الأحادية Derivatives of mono saccharides

1 - الأحماض السكرية Sugaracids

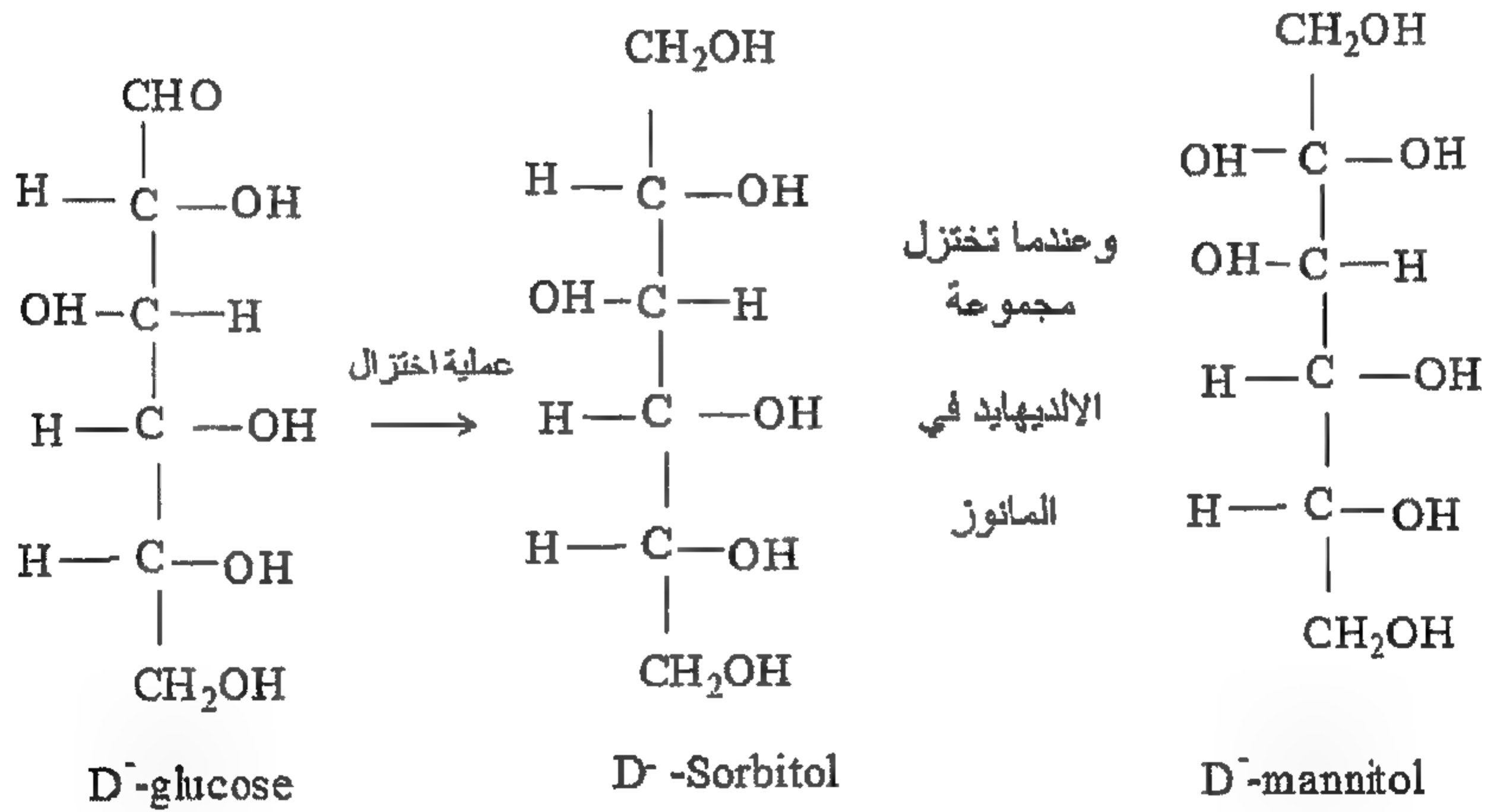
تتكون هذه الأحماض عندما تتأكسد مجموعة الالديهايد في السكر السداسي إلى مجموعة كاربوكسيل حيث تتكون أحماض الدونية aldonic acids عندما تتأكسد ذرة الكربون رقم (1) فقط أما عندما تتأكسد ذرة الكربون رقم (6) تتكون أحماض يورونية Uronic acids وعند تأكسد ذرة الكربون (1،6) تتكون أحماض الدارية Aldaric acids كما في الأمثلة التالية :

مبادئ الكيمياء الحياتية



2- السكريات الكحولية Alcoholic sugars

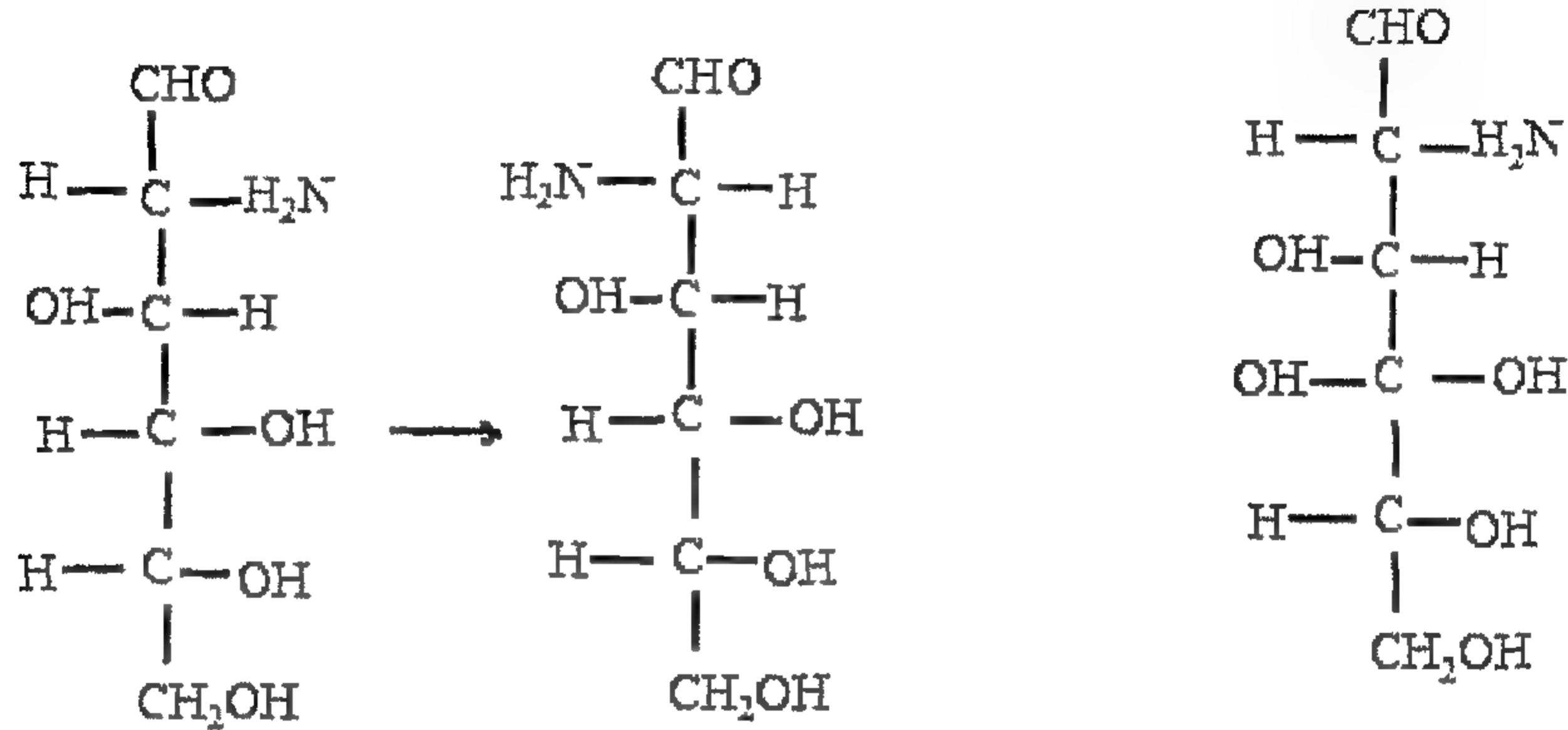
عندما تختزل ذرة الكربون الأولى (مجموعة الألدهايد) في السكر السداسي الألدهيدي فسوف تتحول إلى مجموعة كحول أولي ويتكون سكر كحولي كما موضح في المثال التالي:



وهكذا بالنسبة للفركتوز وكذلك الكالكتوز الذي ينتج منه السكر الكحولي Dulcitol .

3 - السكريات الامينية

تحل في هذا النوع مجموعة الأمين محل مجموعة (OH) على ذرة الكربون رقم (2) كما هو موضح في الشكل التالي :



D -GLUcose amine

D -Mannose amine

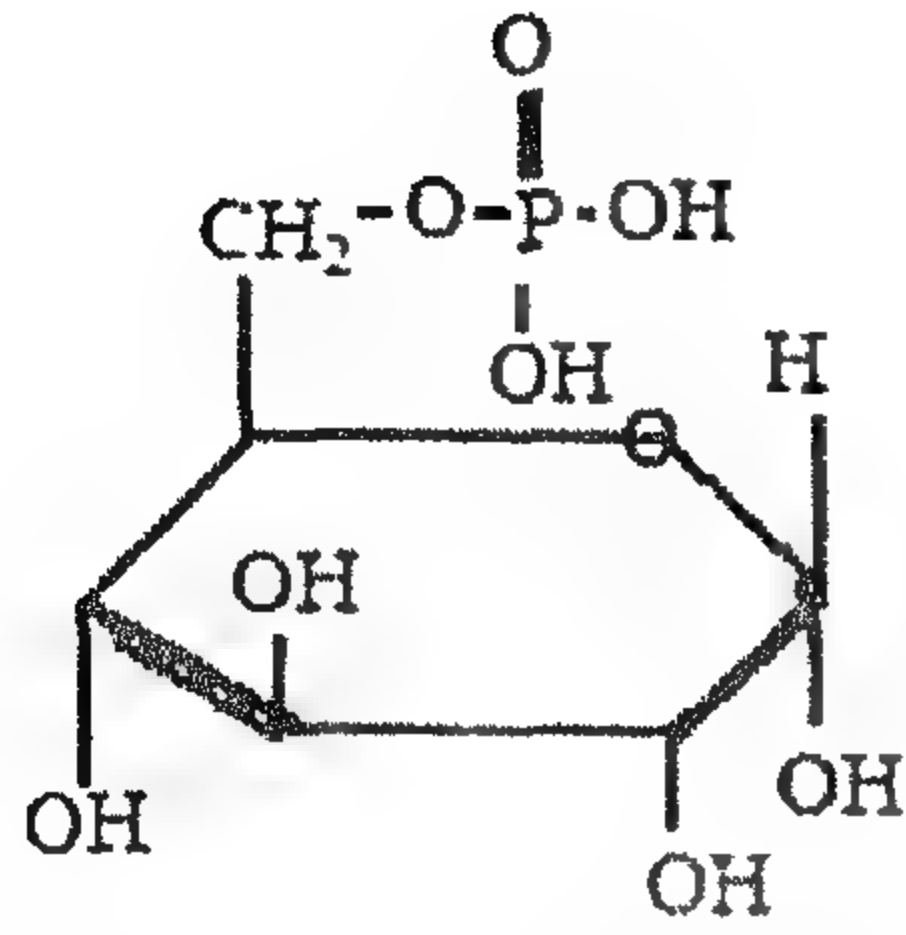
D -GaLactose amine

يوجد الكلوكوز أمين في السكريات المتعددة مثل الكايتين أما الكالكتوز أمين فيوجد في السكر المتعدد (الكار) والغضاريف ويمكن القول أن العديد من المضادات الحيوية Antibiotics مثل Erythrotrycin والـ Carbomycin تدخل في تركيبها السكريات الامينية حيث أن فعالية هذه المضادات تعود ألي السكريات الامينية الداخلة في تركيبها .

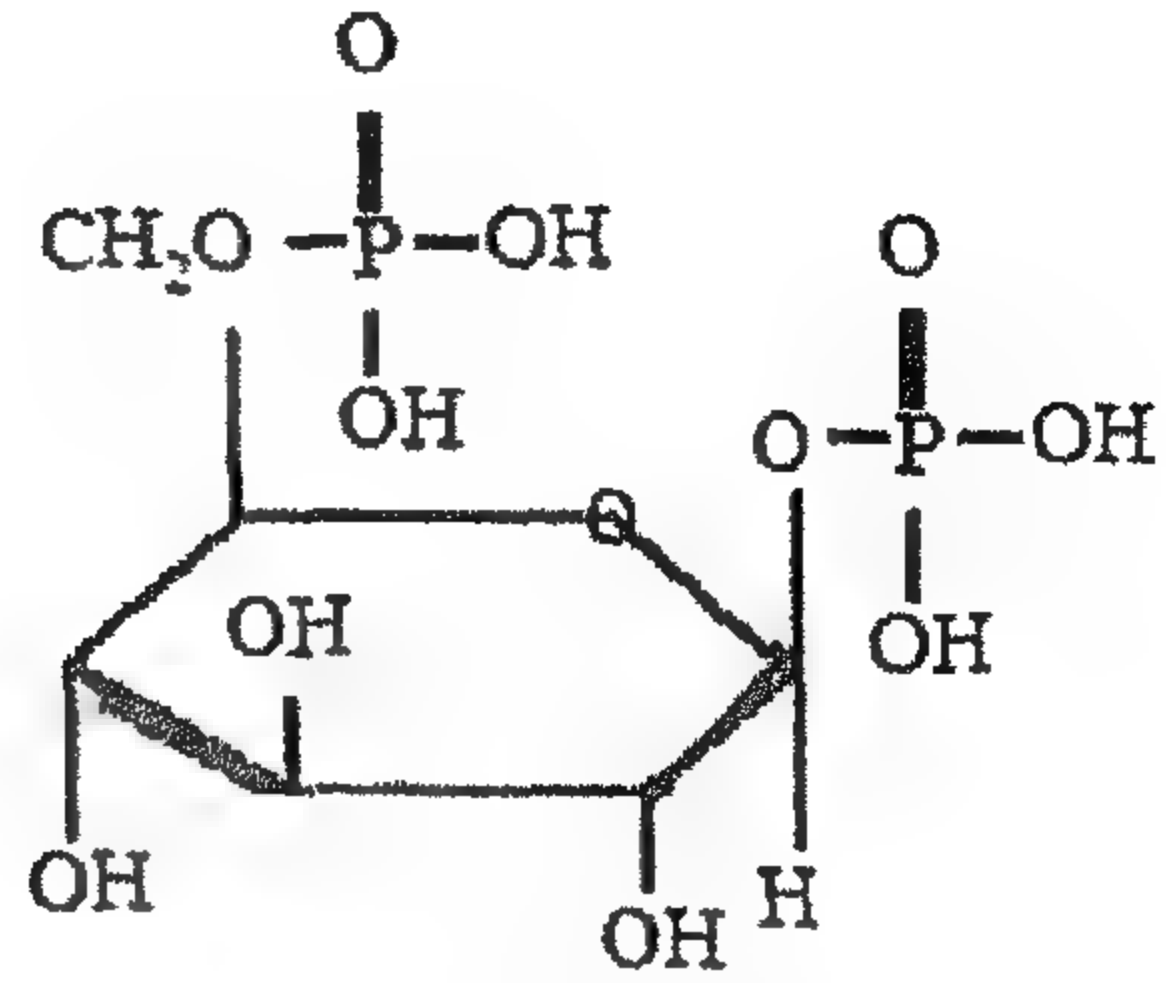
4 -أسترات حامض الفسفوريك

تتكون نتيجة تفاعل السكر الأحادي السداسي مع حامض الفسفوريك حيث تتكون سكريات مفسفرة والتي تلعب دورا أساسيا ومهما في العمليات الايضية للكاربوهيدرات كما موضح في الأمثلة التالية:

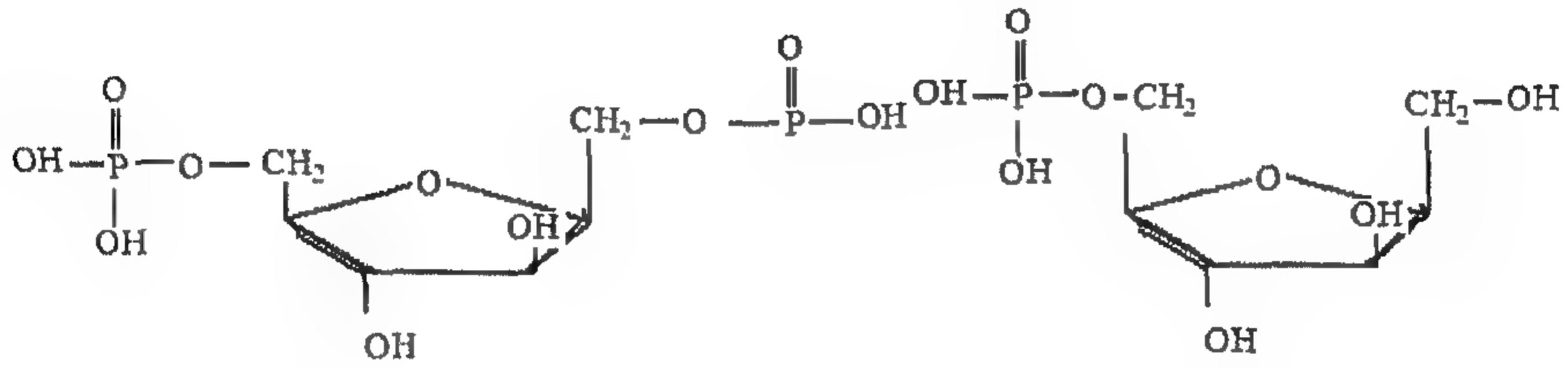
مبادئ الكيمياء الحياتية



Glucose⁻-6-Phosphate



Glucose⁻-1,6-Phosphate



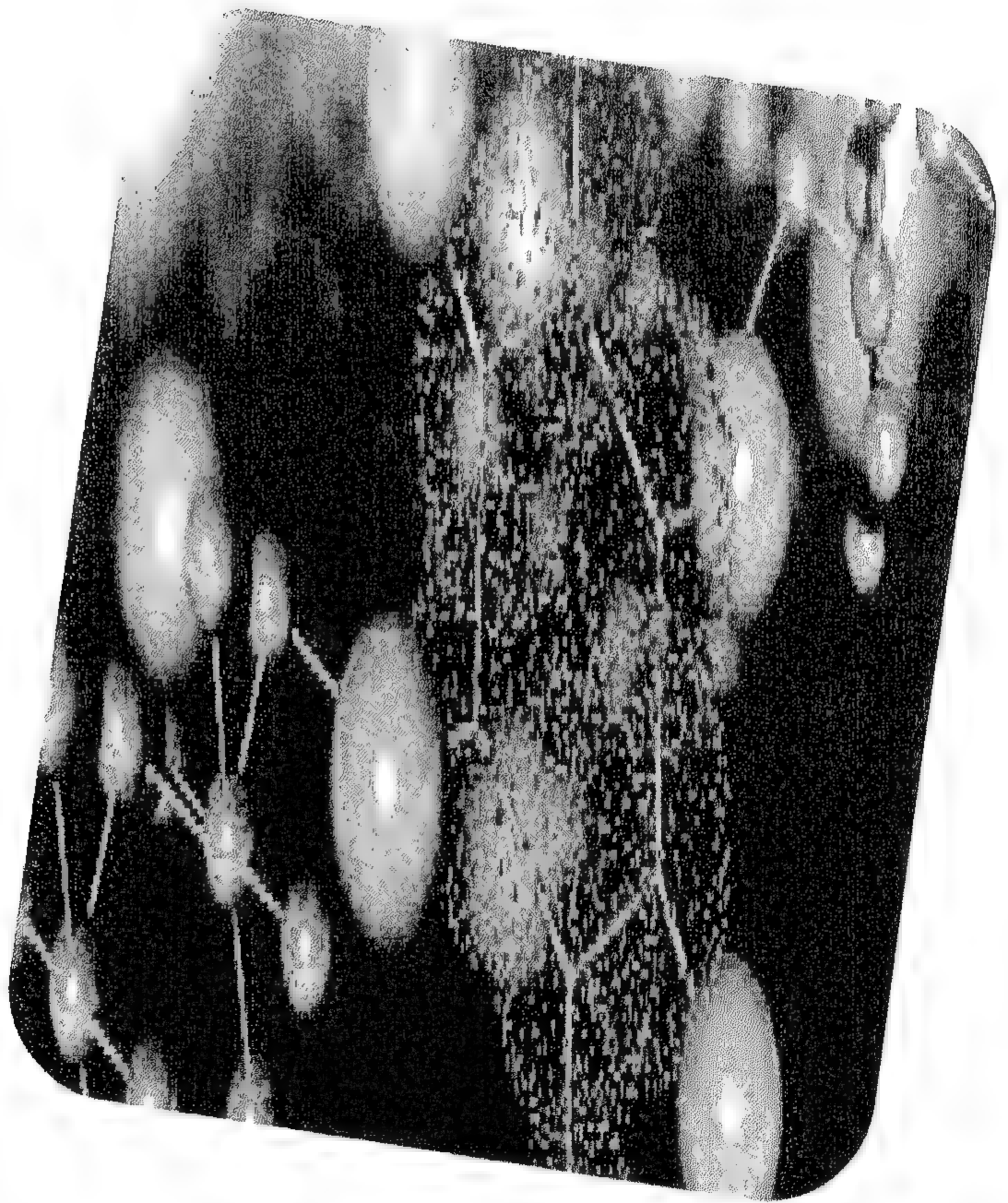
Fructose 1,6-Phosphate

Fructose⁻-6-phosphate

وهكذا بالنسبة لبقية السكريات الأحادية مثل المانوز والكالكتوز تتم العملية بنفس الطريقة .

الفصل الثالث

الأحافض الامينية

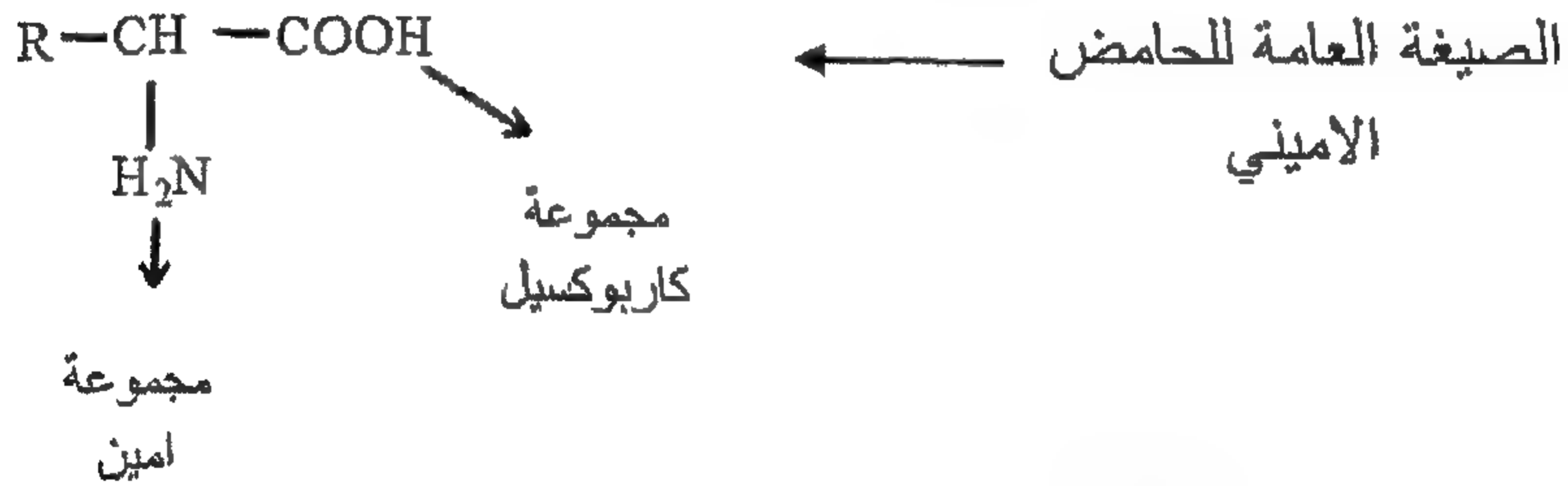


الفصل الثالث

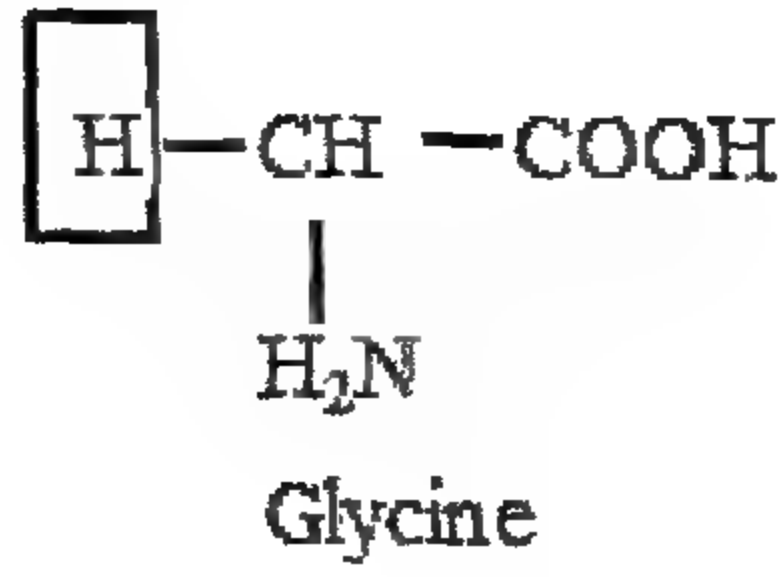
الأحماض الأمينية

هي مركبات عضوية مكونة من مجموعة كاربوكسيل ومجموعة أمين على الأقل إضافة إلى مجموعة (R) الجانبية وتعد الأحماض الأمينية الوحدات البنائية أو التركيبية للبروتينات . Structural units of proteins .
أن الأحماض الأمينية التي تنتشر في الكائنات الحية هي (20) حامض من نوع α لذلك تسمى بـ

α -aminoacids ويمكن رسم التركيب الكيميائي العام أو الصيغة الكيميائية العامة للحامض الأميني تعد الأحماض الأمينية المصدر الأساسي لبناء جميع أنواع البروتينات كما أنها مواد أولية في بناء الهرمونات والقواعد النيتروجينية والفيتامينات .

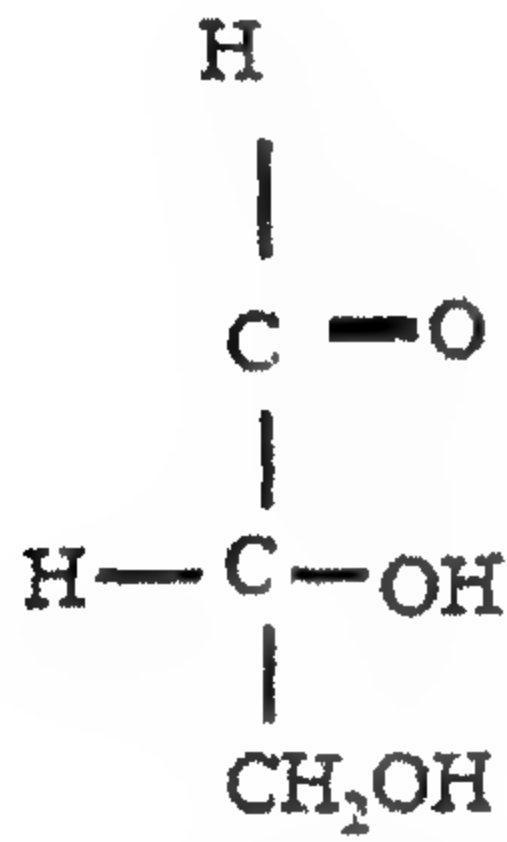


أن الصيغة الكيميائية والفيزيائية للحامض الأميني تعتمد على مجموعة (R) فهي إما تكون حامضية أو قاعدية أو قطبية أو اليافاتيةالخ. لذا فإن ما يميز حامض أميني عن آخر هي هذه المجموعة. والتي تعد هوية الحامض الأميني وتسمى بالأحماض α وذلك لأن مجموعة الأمين تقع على ذرة الكربون المجاورة لمجموعة الكاربوكسيل. أن أبسط حامض أميني The simplest amino acids هو الكلايسين Glycine والذي تكون مجموعة (R) هي عبارة عن ذرة هيدروجين (H) كما هو موضح في الشكل :

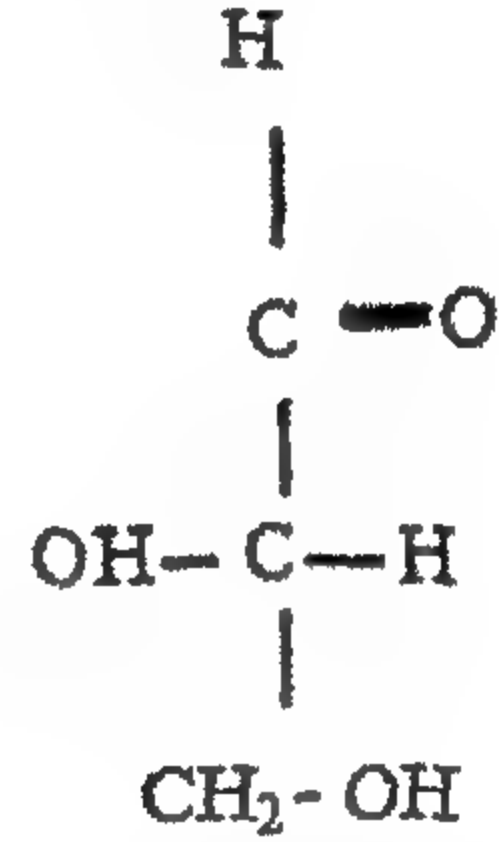


Optical activity of amino acids **الفعالية البصرية للأحماض الامينية**

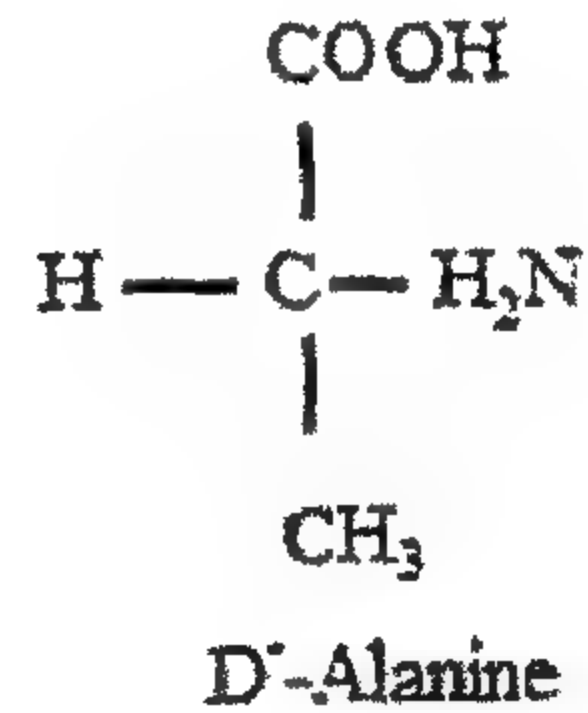
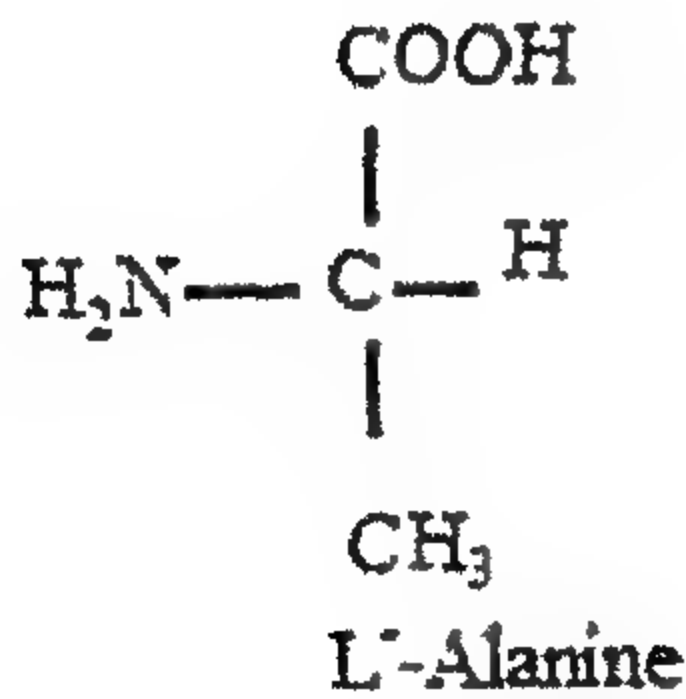
تحتوي جميع الأحماض الامينية على ذرة كاربون غير متماثلة
 Asymmetric carbon atom باستثناء الكلايسين لذلك فهي يمكن أن تكون
 بشكل D أو L ويمكن اخذ الحامض الاميني Alanine كمثال لذلك والذي
 يكون مشابها للسكر الأحادي Glycer aldehyde الذي اخذ كمثال في
 السكريات الأحادية كما هو موضح في الأشكال التالية :



D- glyceraldehyde



L-glyceraldehyde



إن الأحماض الامينية الشائعة التي توجد في الكائنات الحية تكون من
 النوع L وليس D كما هو في السكريات التي تناولناها في الفصل السابق لذا

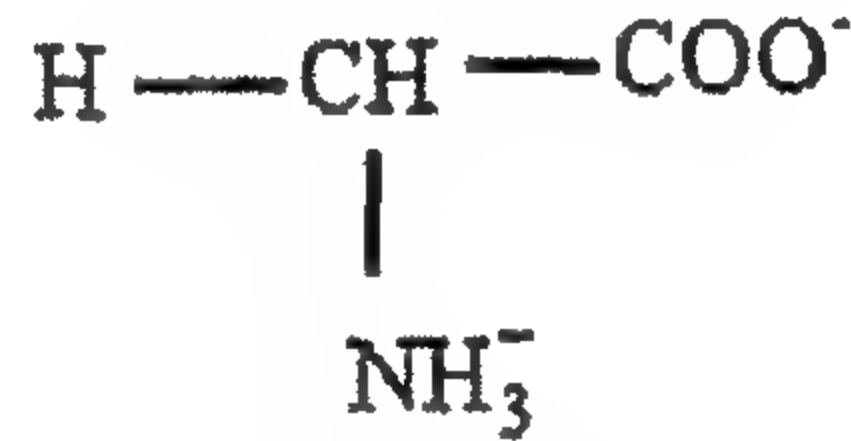
الفصل الثالث: الأحماض الامينية

فان الأحماض الامينية جميعا باستثناء الكلايسين يمكن أن تدور الضوء المستقطب إلى اليمين أو اليسار أي يمكن أن تكون ذات علامة (+) أو (-) تبعا لتدوير الضوء المستقطب والسبب أن الكلايسين لا يحتوي على ذرة كاربون غير متماثلة.

الخصائص الحامضية – القاعدية للأحماض الامينية

The acid-base properties of amino acids

تمتلك الأحماض الامينية خاصية الأحماض الضعيفة weak acids أو القواعد الضعيفة weak alkalines وذلك لأنها تحتوي على مجموعة كاربوكسيل واحدة ومجموعة أمين واحدة على الأقل ويطلق على المواد التي تتأين حامضيا وقاعديا في نفس الوقت في المحاليل المائية بالمواد ذات التفاعلين أي امفوتيرية Amphoteric فمثلا الحامض الاميني Glycine تتأين كلا المجموعتين الحامضية والقاعدية في المحاليل لتكون ايونات ثنائية القطب أو ما يسمى بـ (Zwitter Ion) ويكون جزيء الكلايسين متعادل كهربائيا عند $pH=7.0$ كما في المثال أدناه :



Zwitter Ion ايون هجين

حيث انه سوف لا يجذب هذا الايون نحو أي من القطبين الموجب والسالب وتسمى هذه النقطة بنقطة التماثل الكهربائي Isoelectric point (PI). حيث أن للبروتين له نقطة تعادل كهربائي معينة وله قابلية على معادلة الأحماض والقواعد لكونه يتكون من أحماض امينية لذا فان هذه الخصائص تمكن البروتينات من أن تعمل كمواد منظمة (حافطة) Buffer في الدم أو في سوائل الجسم الأخرى .

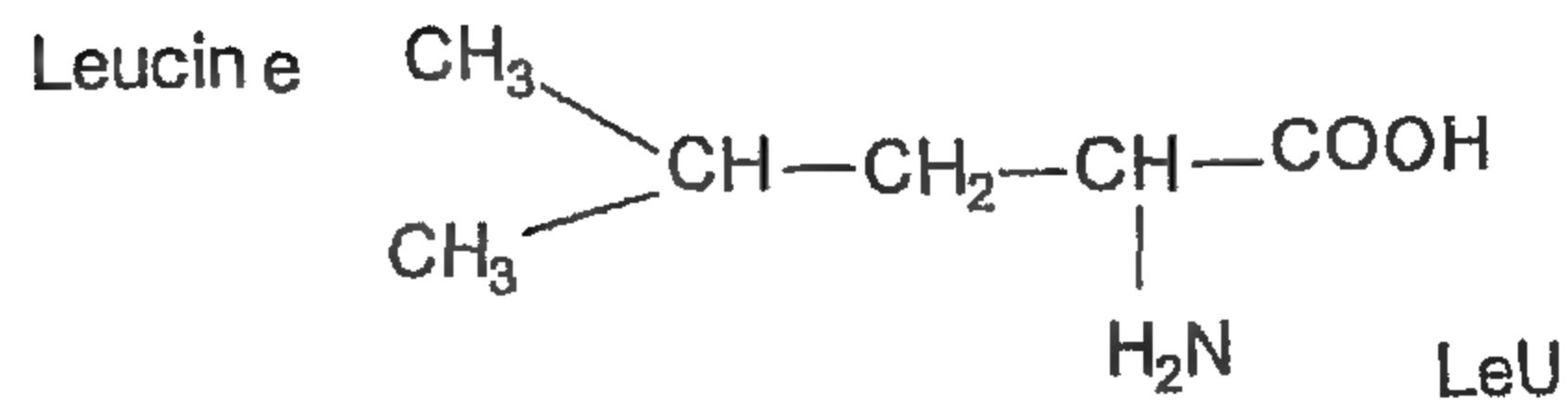
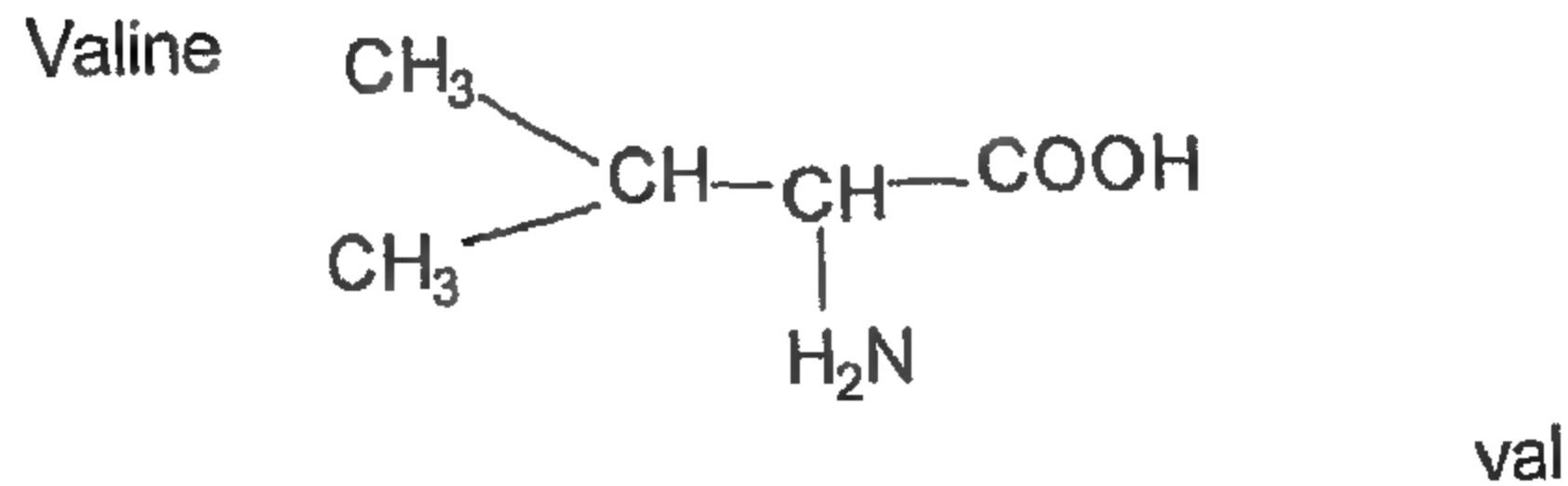
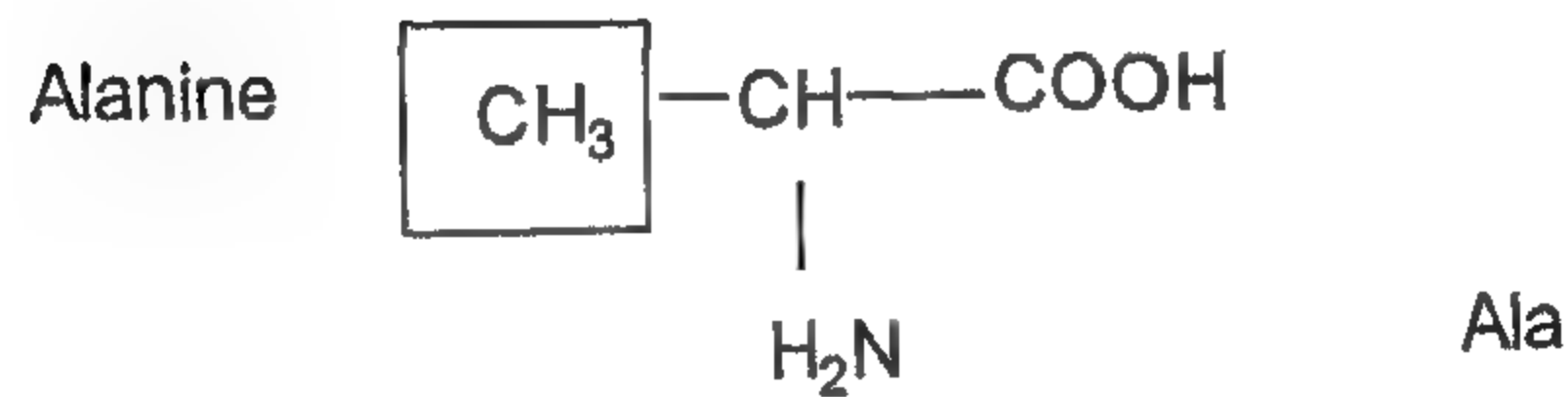
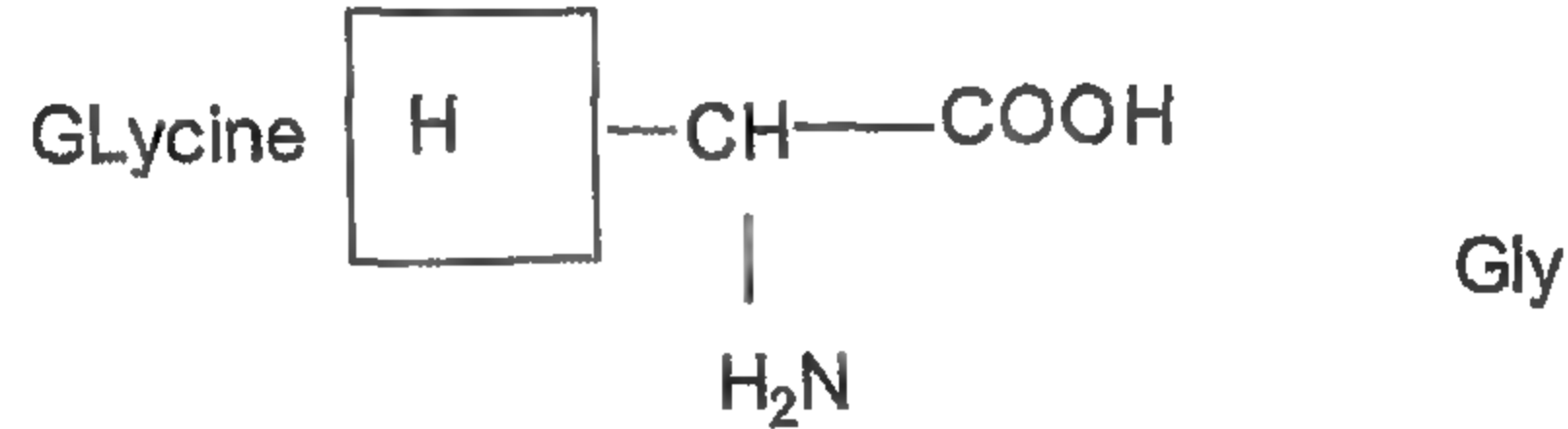
تصنيف الأحماض الامينية Classification of amino acids

يمكن تصنيف الأحماض الامينية اعتمادا على مجموعة R الجانبية إلى :

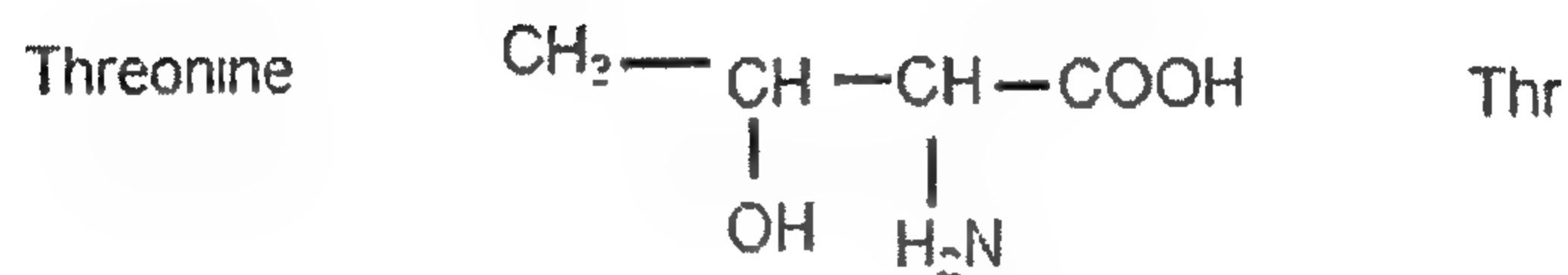
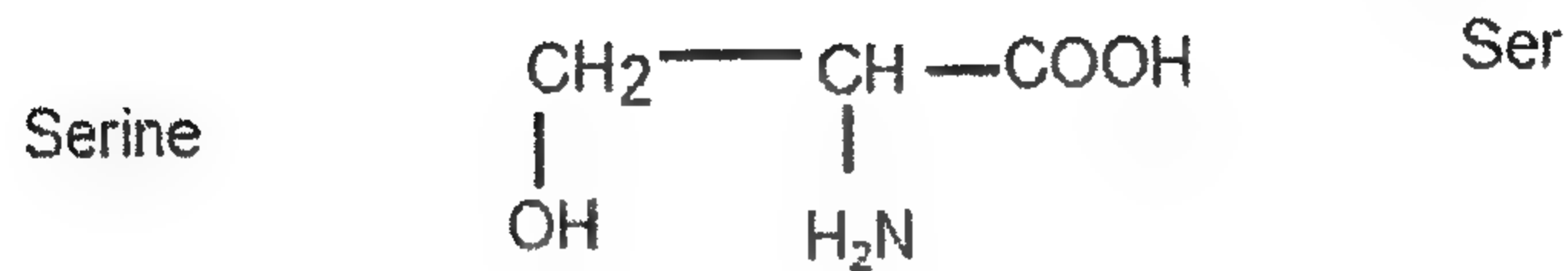
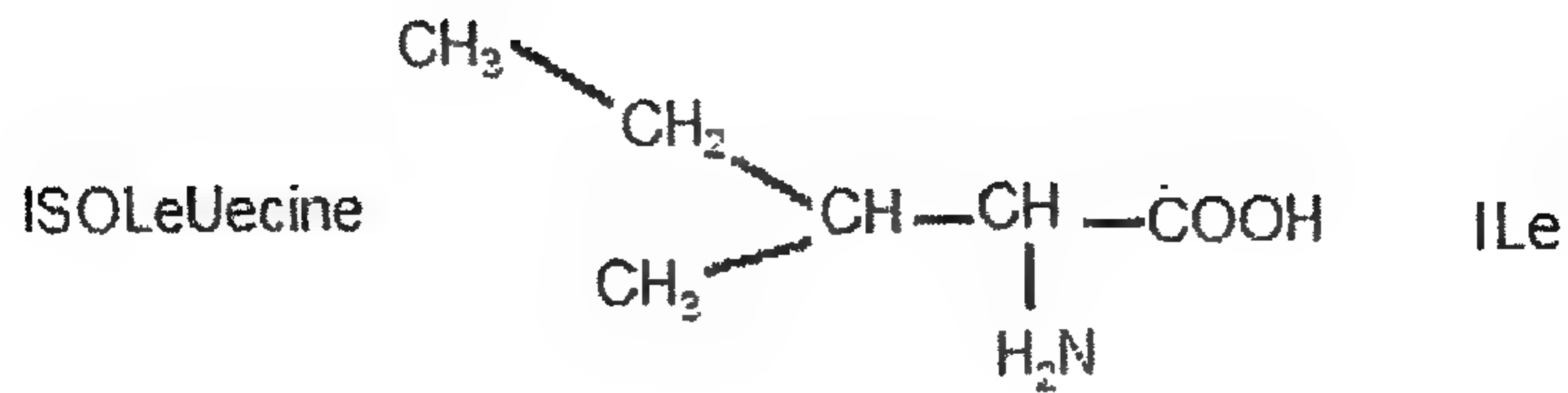
- 1 - أحماض امينية اليقاتية Aliphatic amino acids
- 2 - أحماض امينية قاعدية Acidic amino acids
- 3 - أحماض امينية قاعدية Basic amino acids
- 4 - أحماض امينية كبريتيدية Sulfaric amino acids
- 5 - أحماض امينية واميداتها acids -base amino acids
- 6 - أحماض امينية اروماتية Aromatic amino acids

1 - الأحماض الامينية الاليفاتية

وتشمل : - ,serine Isoleucine leucine, valine, Glycine ,ALanine, threonine , بصورة عامة تكتب مختصرات الأحماض الامينية وهي عبارة عن الأحرف الثلاثة الأولى علما بأنه يمكن كتابة المختصر بحرف واحد فقط .

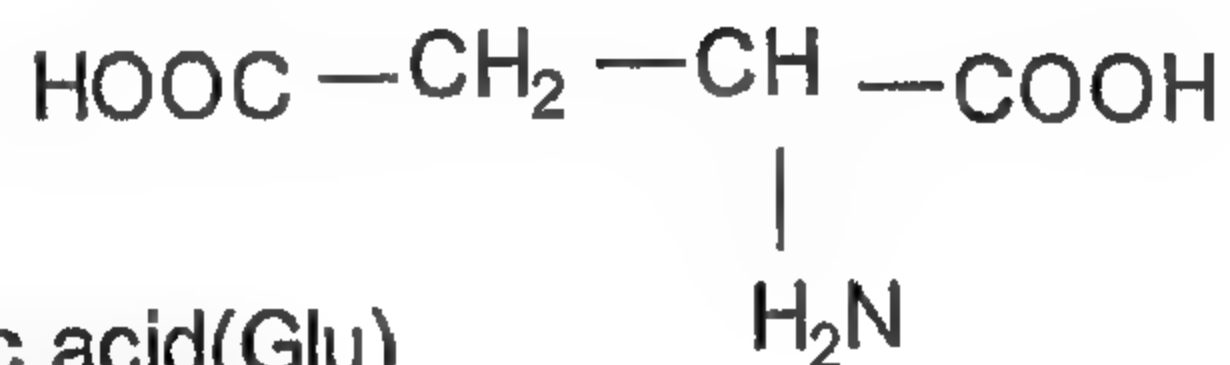


الفصل الثالث: الأحماض الامينية

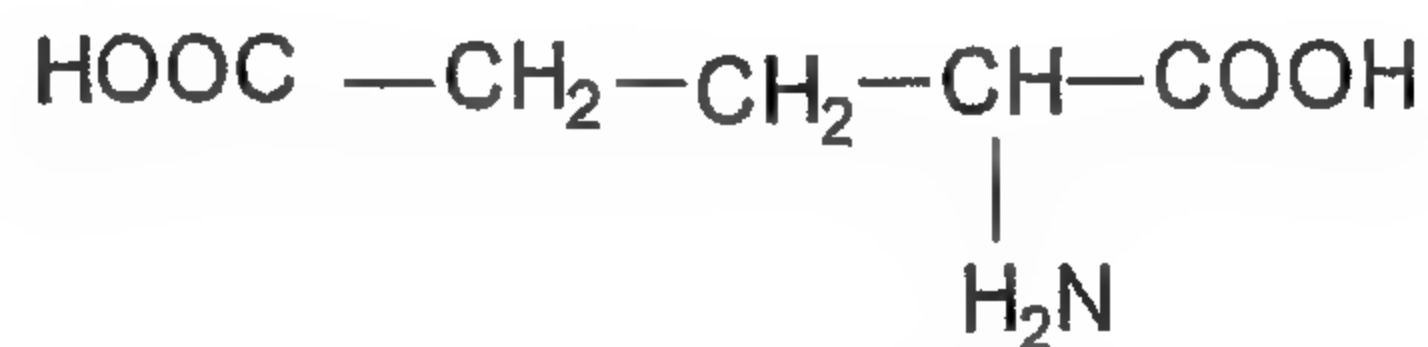


2- أحماض امينية حامضية.

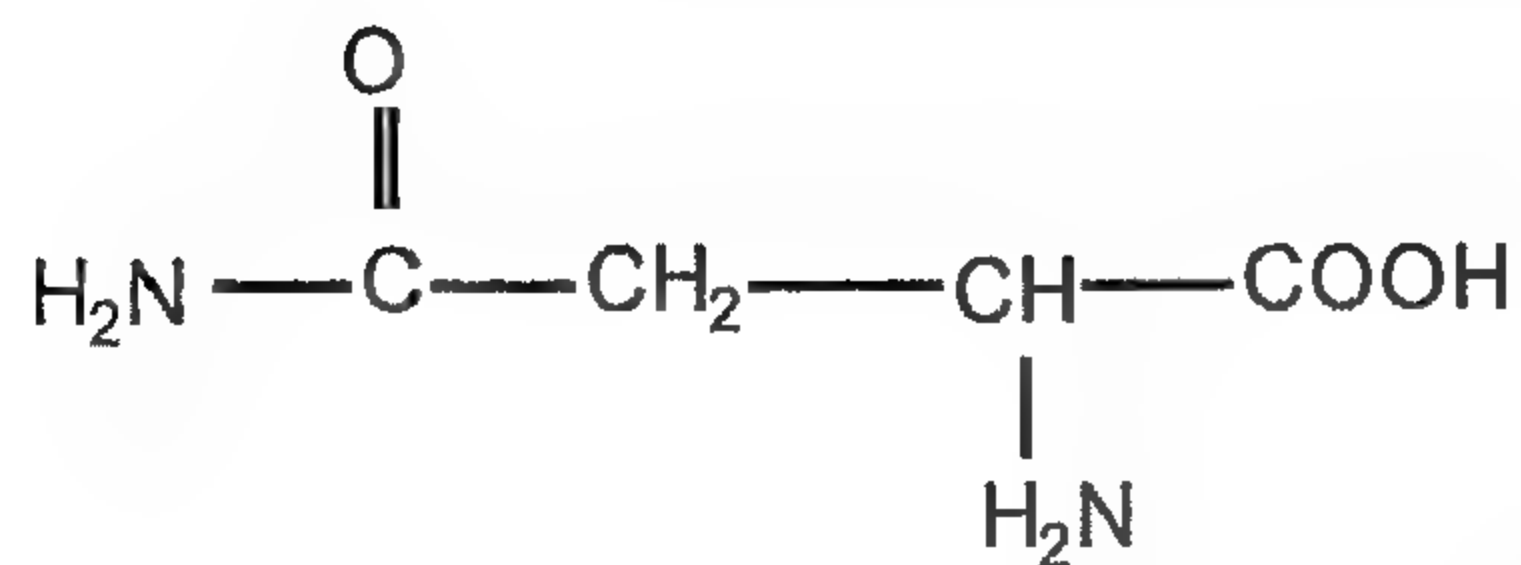
AsPartic acid (Asp)



GLutamic acid(Glu)

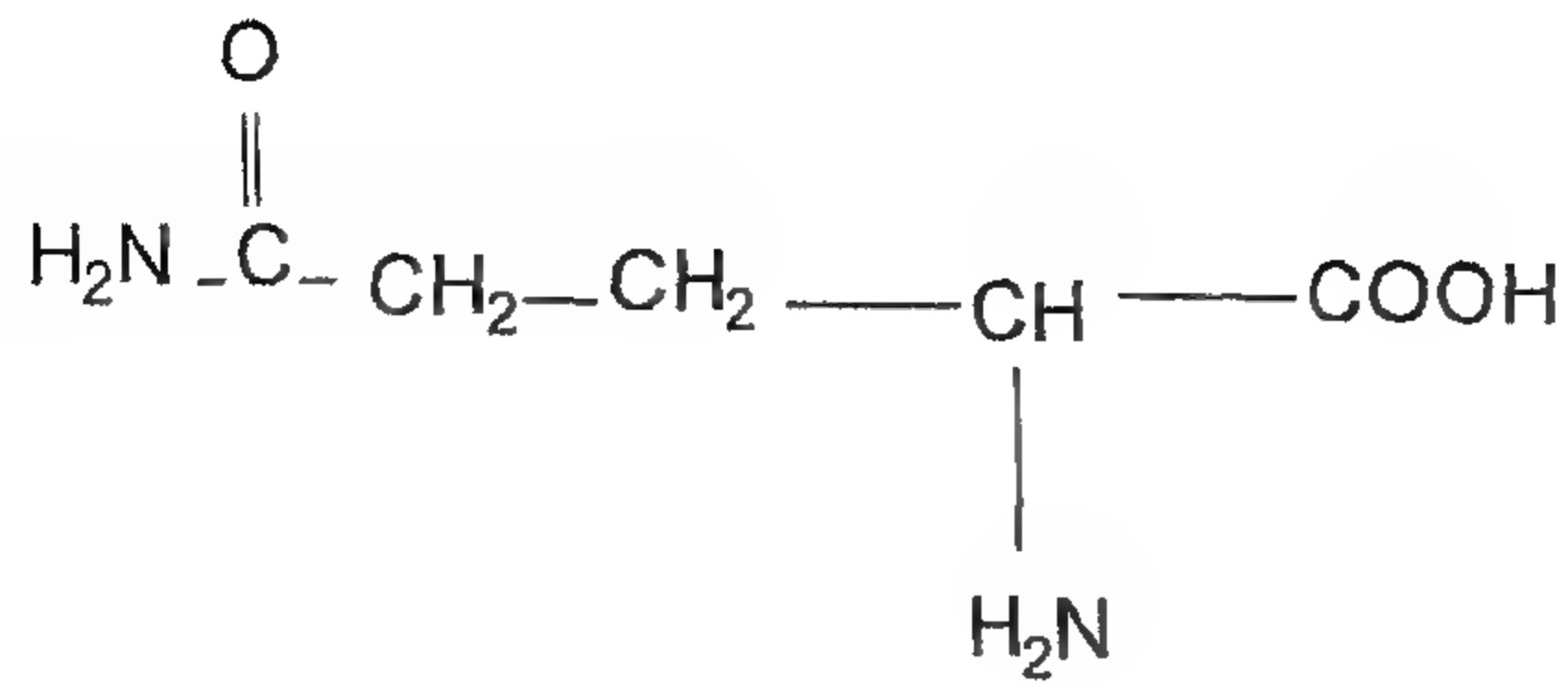


3 - أحماض امينية حامضية واميداتها (حامضية قاعدية)



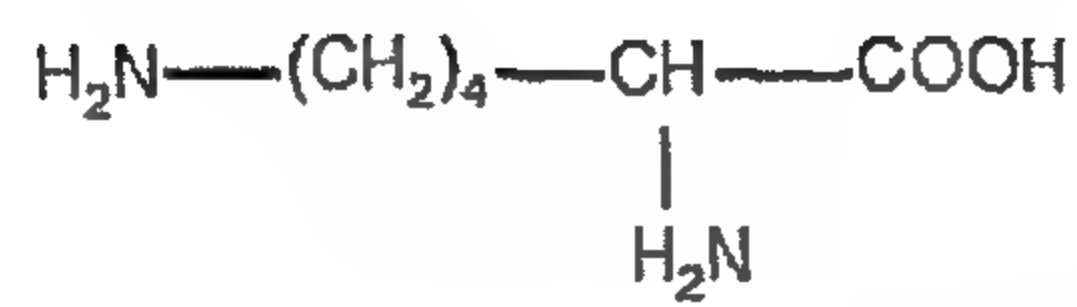
ASPargine (Asn)

مبادئ الكيمياء الحياتية

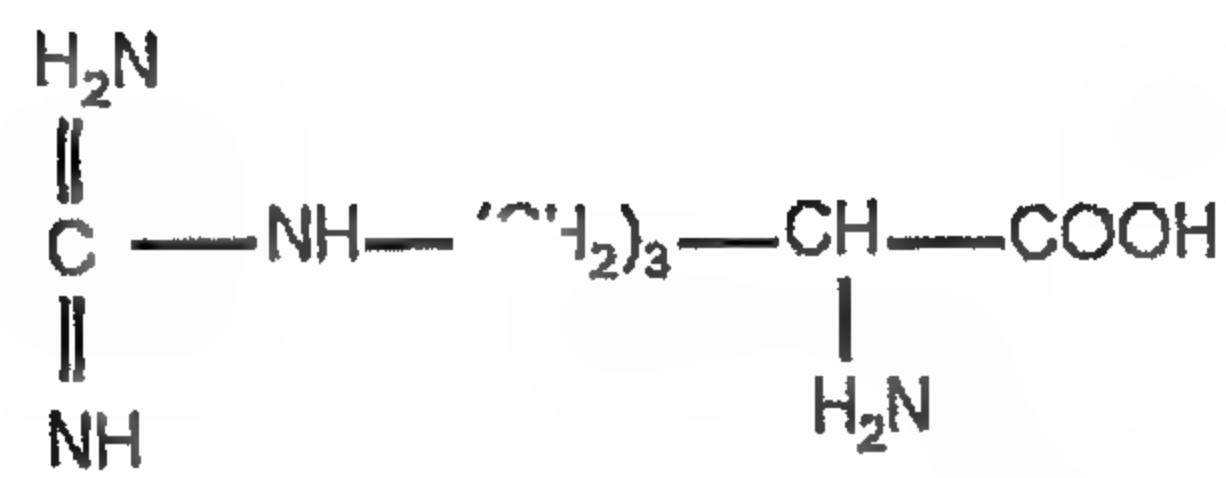


GLUamine (GLn)

4 - أحماض امينية قاعدية .

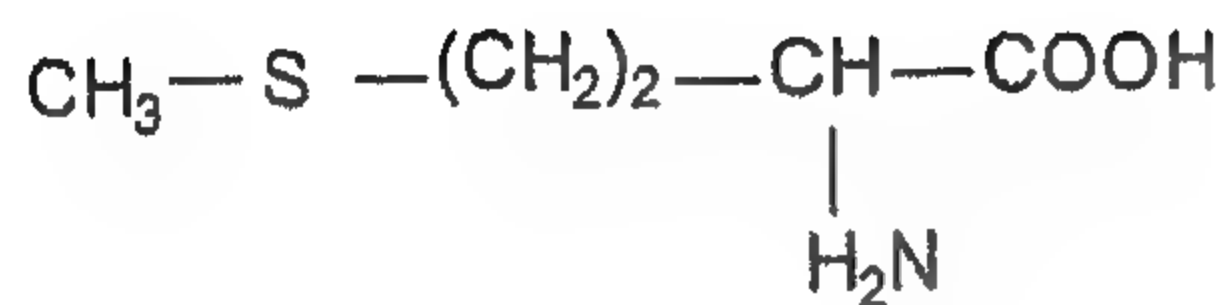


Lysin e (Lys)

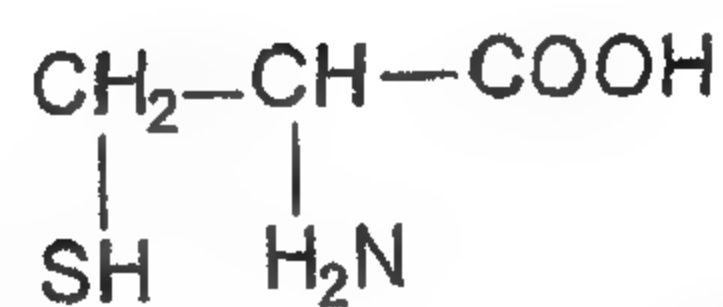


Arginine (Arg)

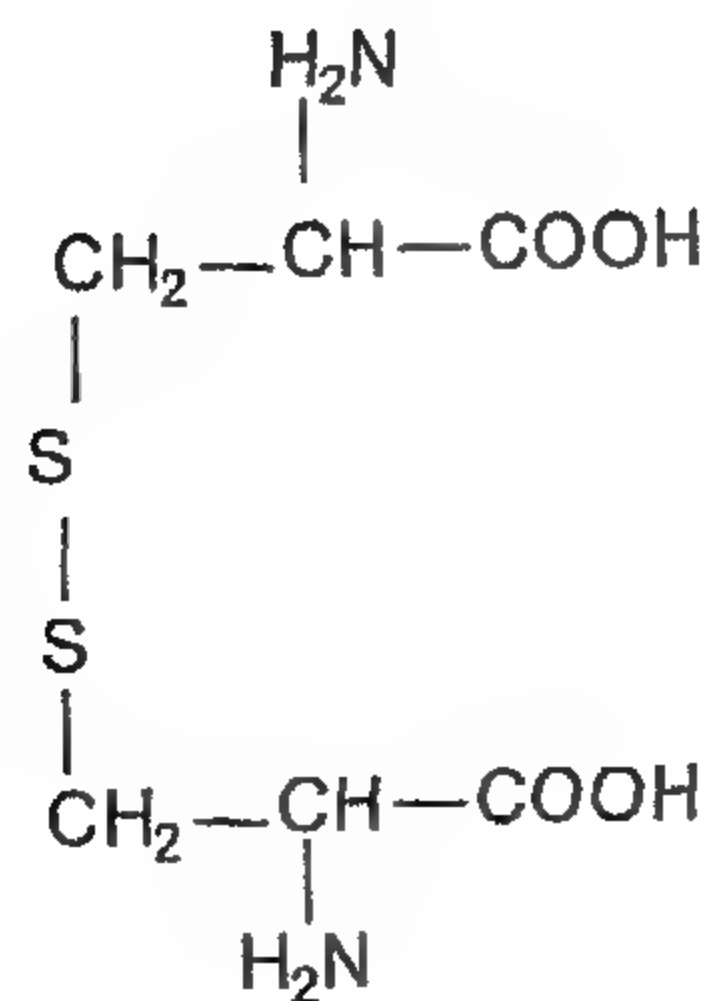
5 - أحماض امينية كبريتيدية



Methionine(Met)



Cystein(cys)



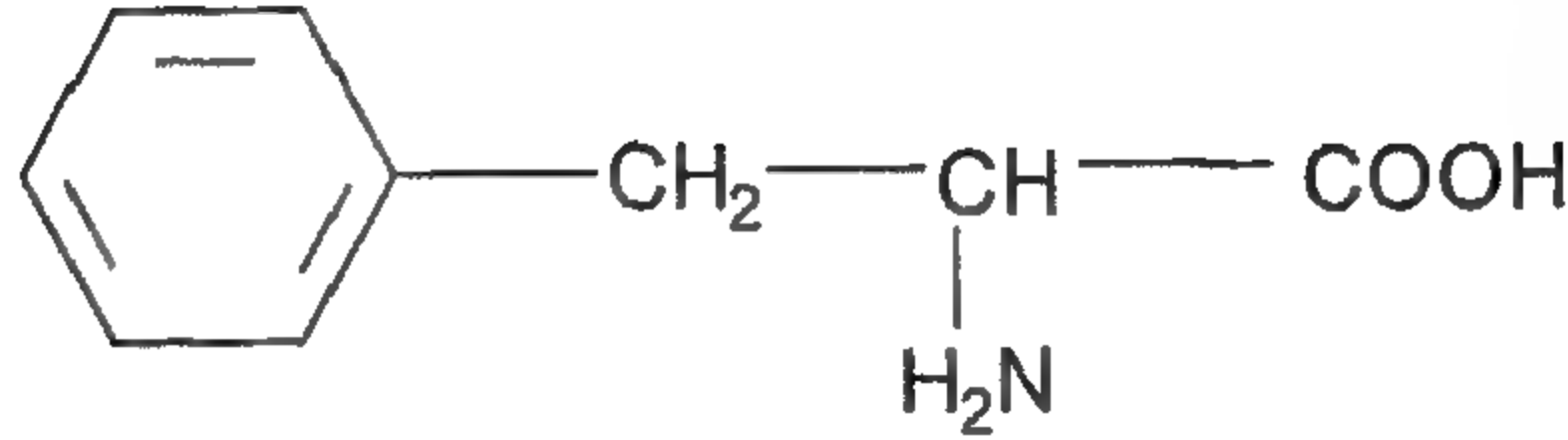
Cystine(cys⁻-cys)

الفصل الثالث: الأحماض الامينية

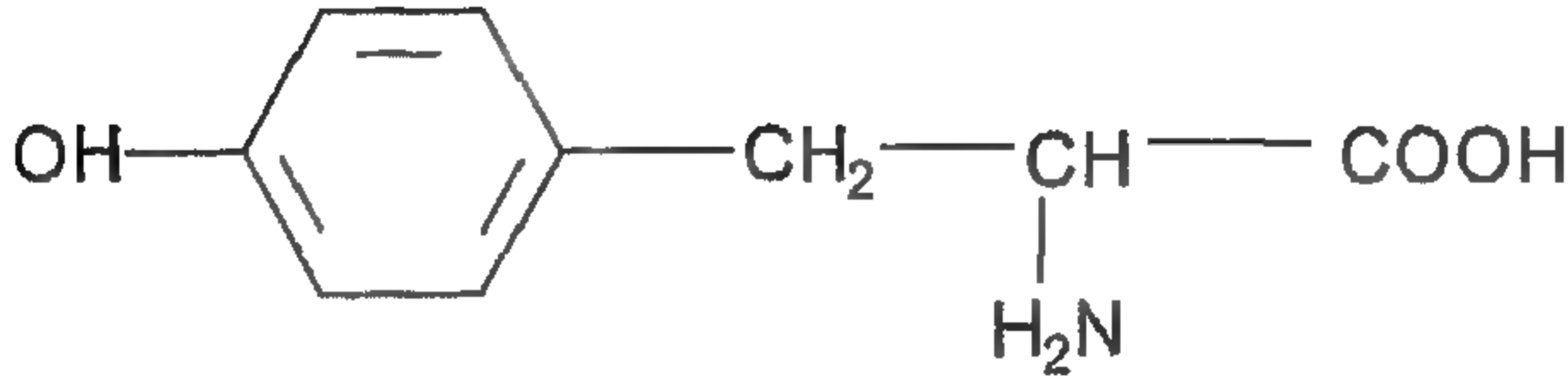
يسمى أيضا dicystein

ملاحظة: لا يعد (cys-cys) ضمن الأحماض الامينية العشرين

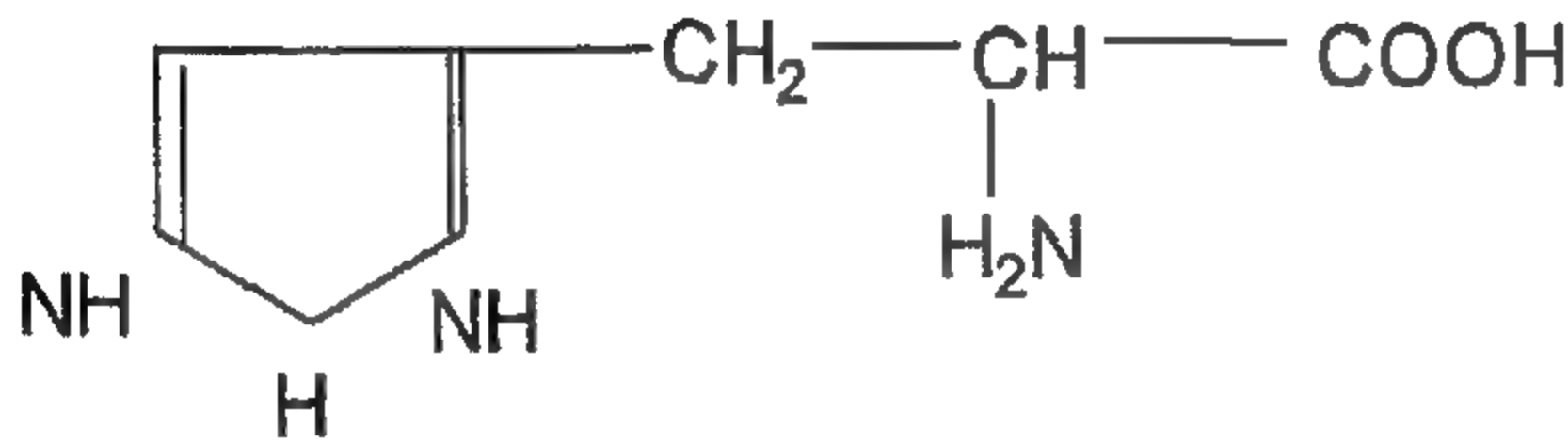
6 - أحماض امينية اروماتية



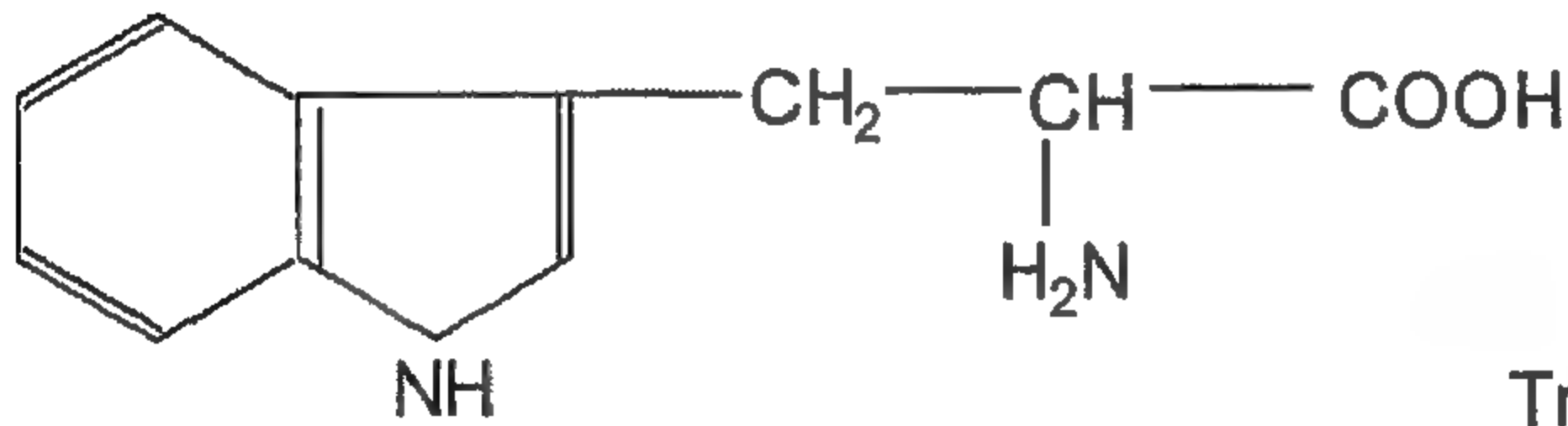
Phenylalanine(Phe)



Tyrosine(Tyr)

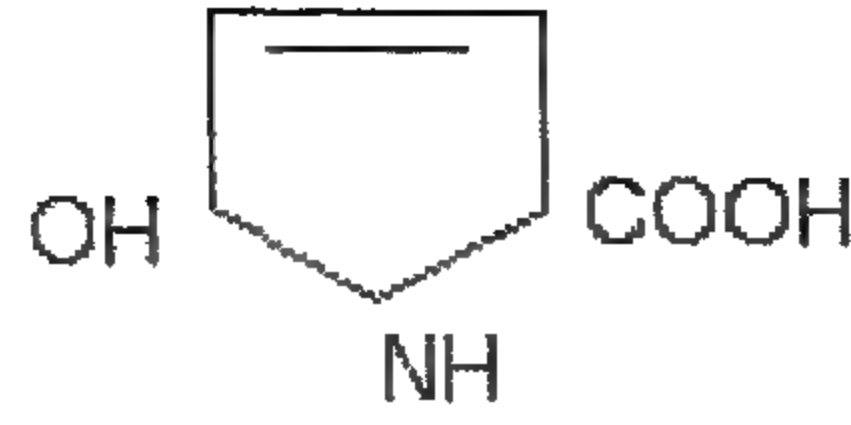


Histidine(His)

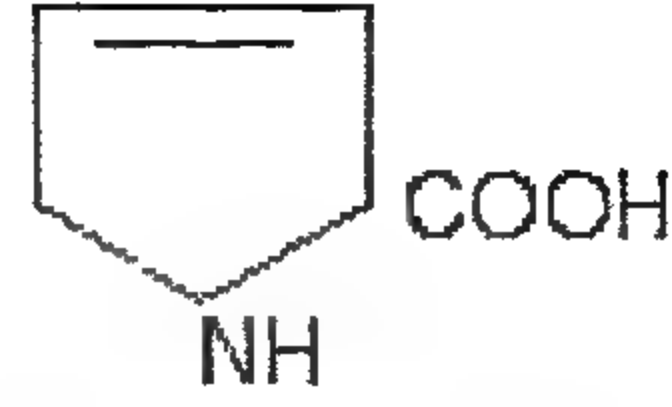


Tryptophan (Trp)

وكذلك توجد ضمن الأحماض الامينية الاروماتية أحماض الـ Imino حيث أنها تحتوي على مجموعة أمين ثانوي بدلا من مجموعة الأمين الأولى التي توجد في جميع الأحماض الامينية سابقة الذكر ومن أحماض الـ Imino هما الحامضان :-



proline and hydroxy proline



proline (pro)

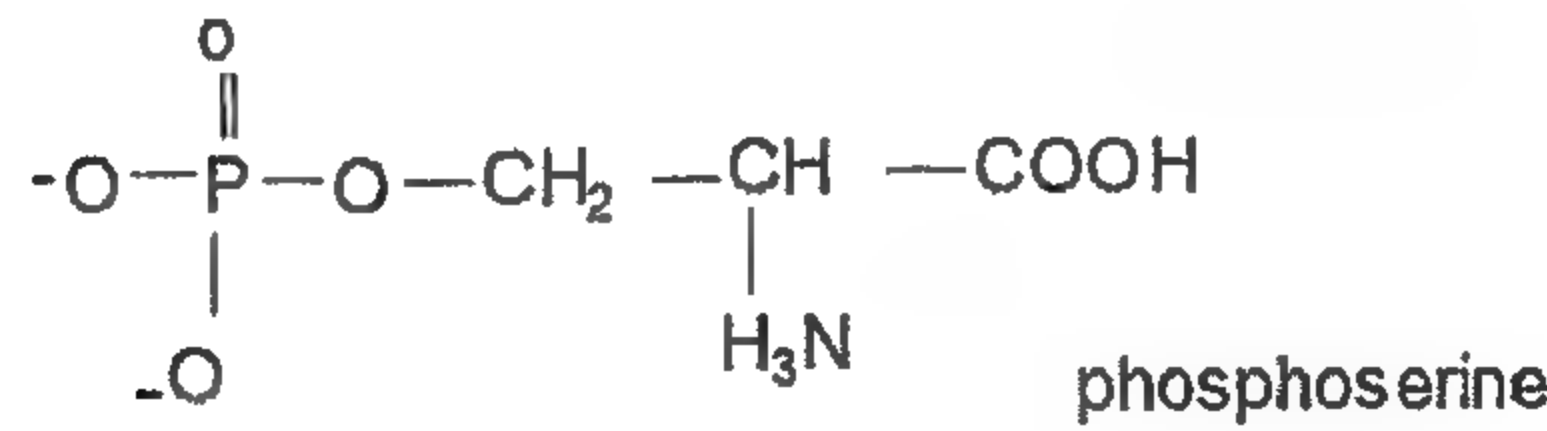
Hydroxy prolin (Hyp)

ولا يعد Hyp ضمن الأحماض الامينية البروتينية العشرين سابقة الذكر

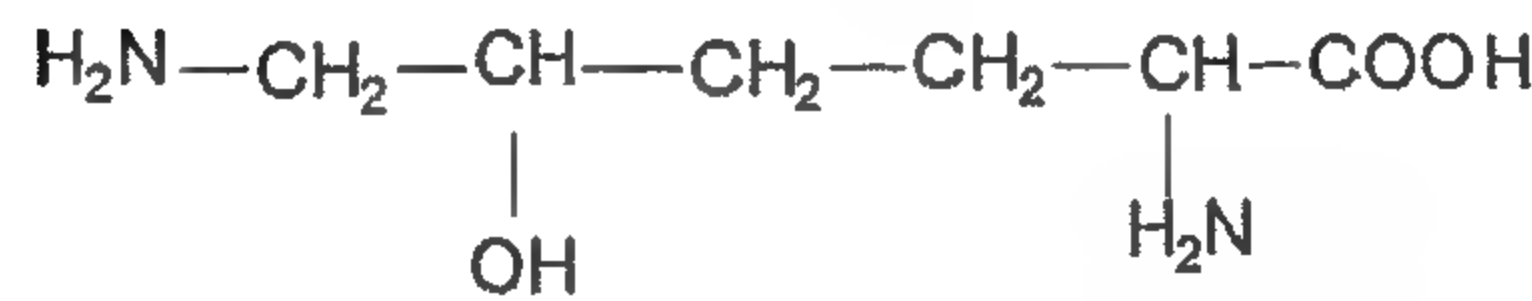
الأحماض الامينية النادرة الموجودة في البروتين

بالإضافة إلى الأحماض الامينية العشرين التي توجد في البروتين هناك عدد قليل من الأحماض الامينية توجد في بعض البروتينات المتخصصة وهي تشتق عادة من الأحماض الامينية الموجودة في البروتين ومن هذه الأحماض

4-hydroxy proline ويشترك عادة من البرولين 5-hydroxy lysine ويشترك عادة من الايلاستين ويوجد في البروتين المسمى ايلاستين Elastin كذلك هناك الحامض الاميني المشتق مثيل لايسين وكذلك الفوسفوسيرين .



phosphoserine



5- hydroxyl lysine

الأحماض الامينية غير البروتينية

لا تدخل هذه الأحماض في بناء البروتينات بل توجد في مصادر خاصة بشكل منفرد أو مرتبط مع مركبات أخرى

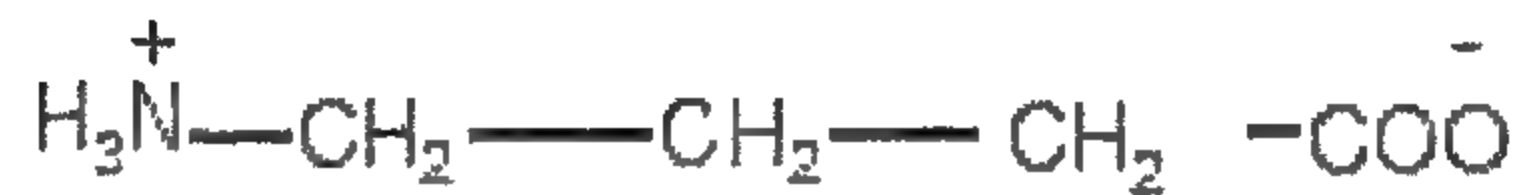
1 - بيتا β - alanine

β - alaninpropionicacid



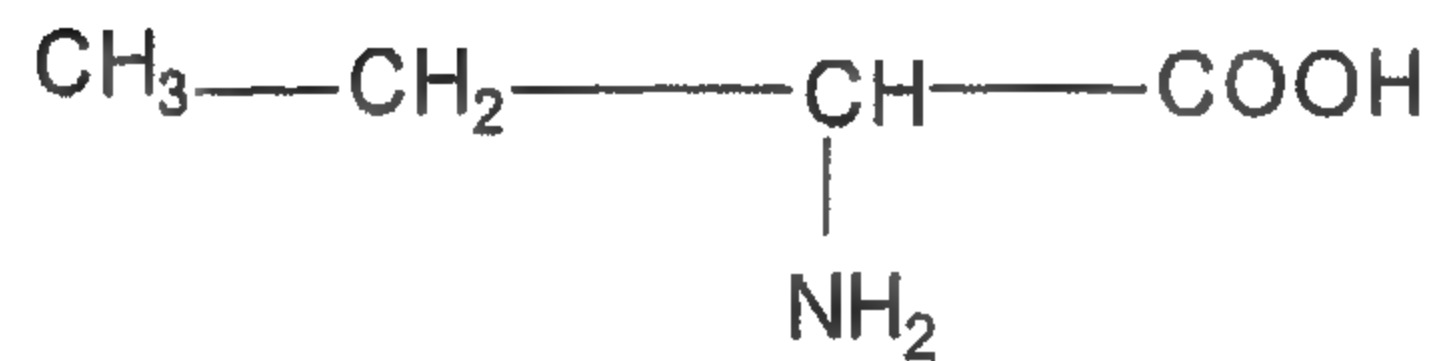
يوجد ضمن تركيب حمض الـ pantothenic وكوانزيم A .

2- Ymino butric acid



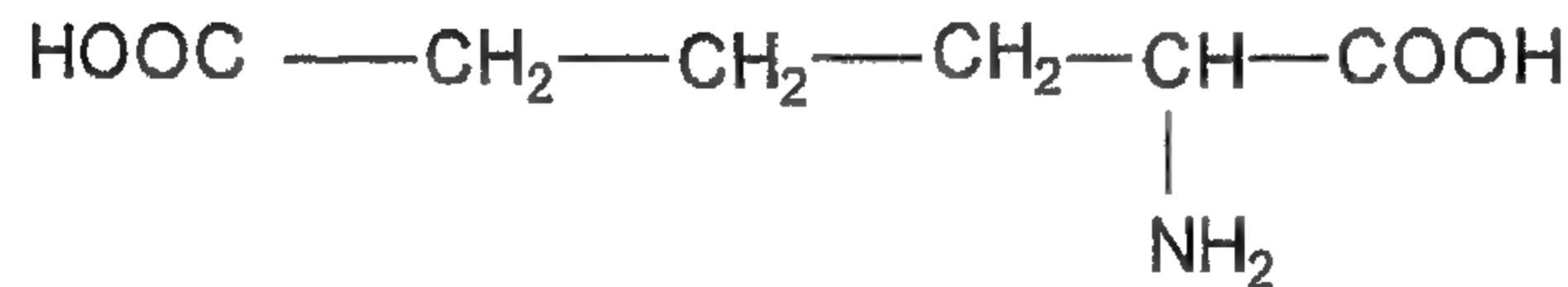
وتوجد في كثير من النباتات ، المخ ، الرئة ، والقلب

3 - α - aminoburicacid



ينتشر في مستخلصات المخ لمختلف الحيوانات

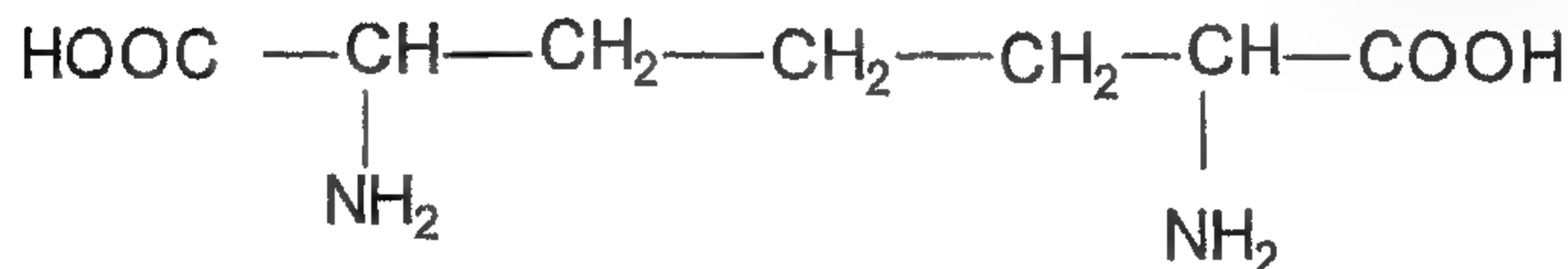
4 - α - aminoadipicacid



مركب وسطي لتفاعلات مركبات جدر خلايا بعض أنواع البكتريا

للحمض الاميني لايسين. lysin.

5 - α, ϵ - diaminopimelicacid



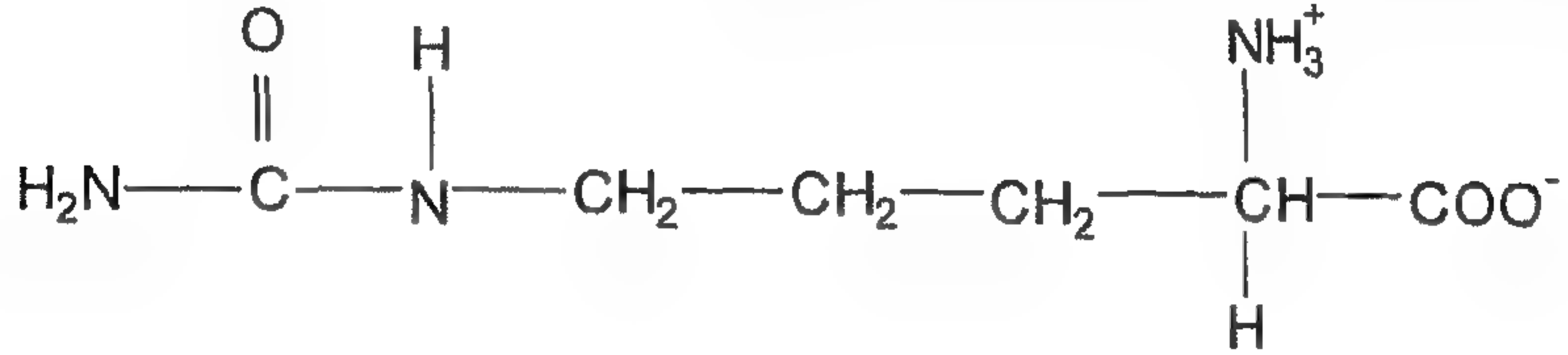
هو المركب الوسيط لتفاعلات مركبات جدر خلايا بعض أنواع البكتريا

للحمض الاميني lysine

6 - creatine

يتحول إلى فوسفوكرياتين وتقوم بعملية خزن الطاقة في الجسم

7 - وهي الأحماض التي تتكون أثناء العمليات الحياتية للامونيا حيث يتم التخلص من المركب الأخير بشكل اليوريا



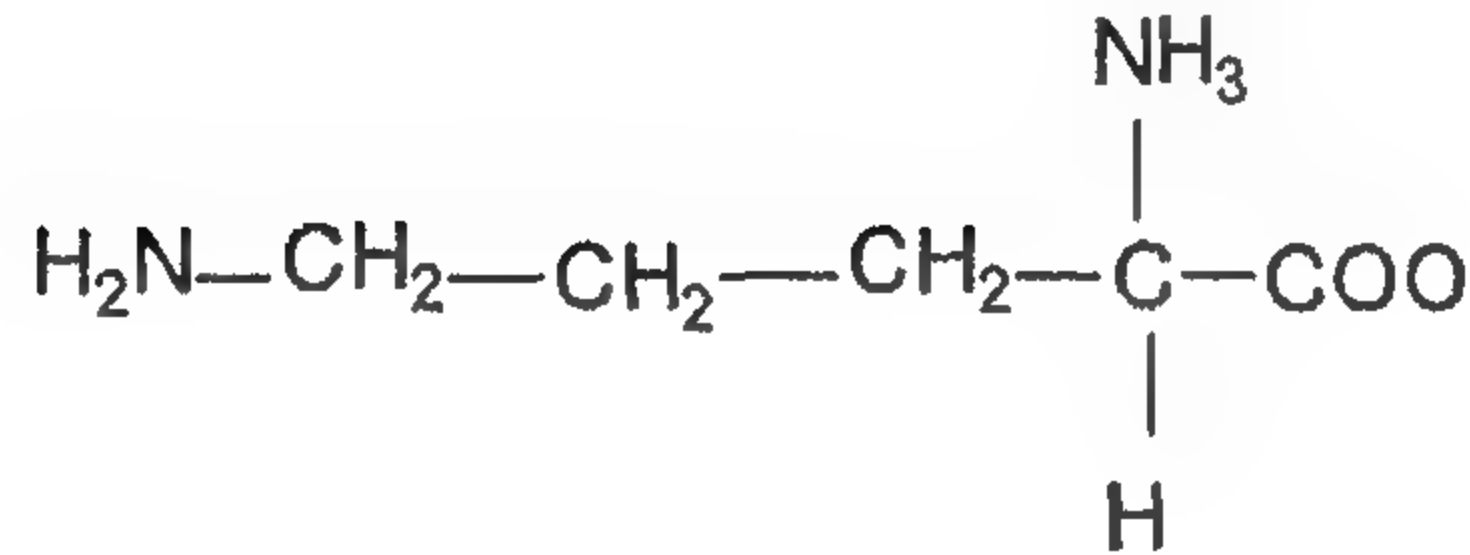
Citrulline

α - amino - o - carbamido - n - valeric acid

(الكبد والرقي)

8 - Ornithine

مركب وسطي في مركبات اليوريا



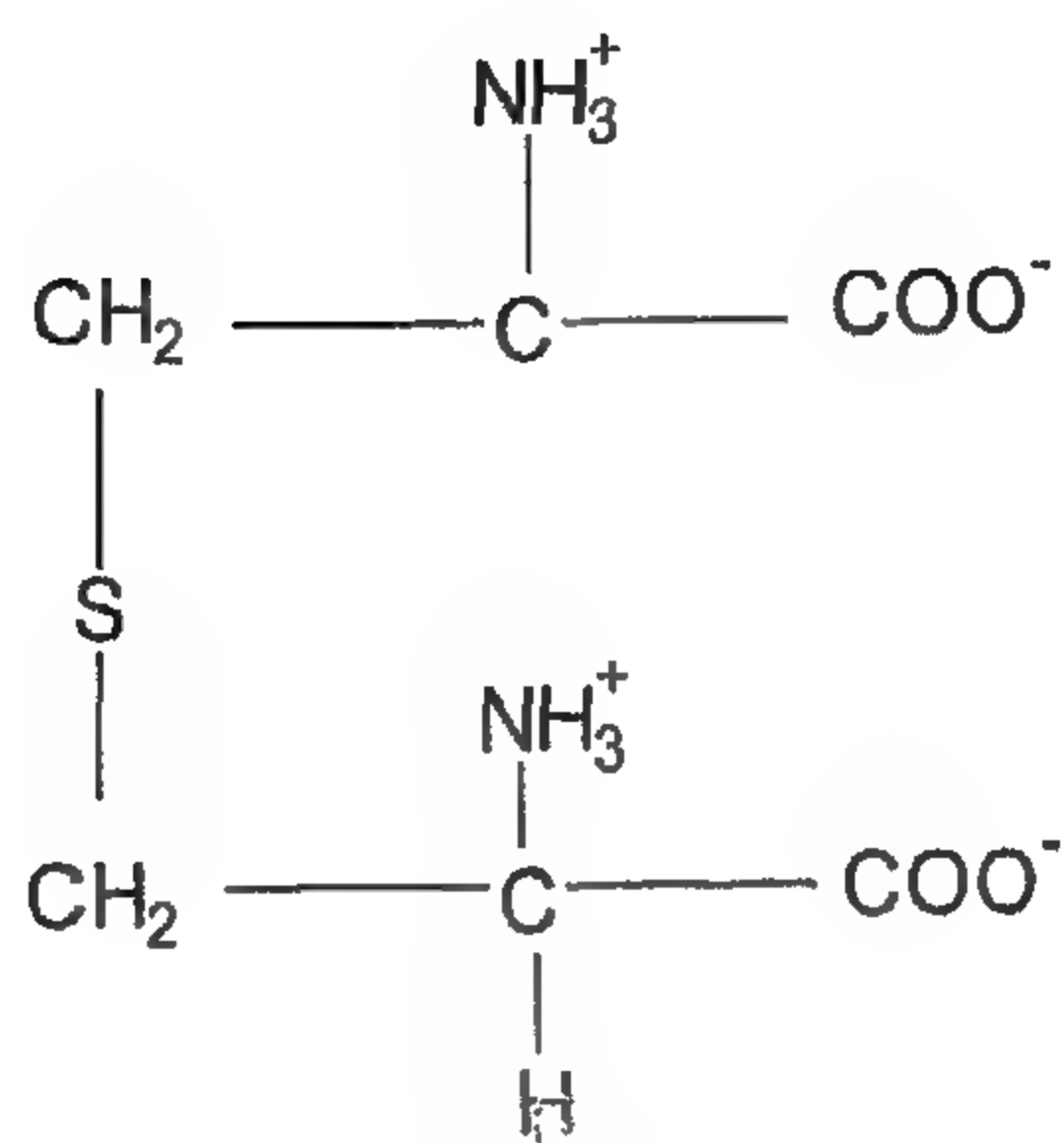
Ornithine

مركب وسطي في دورة اليوريا

9 -

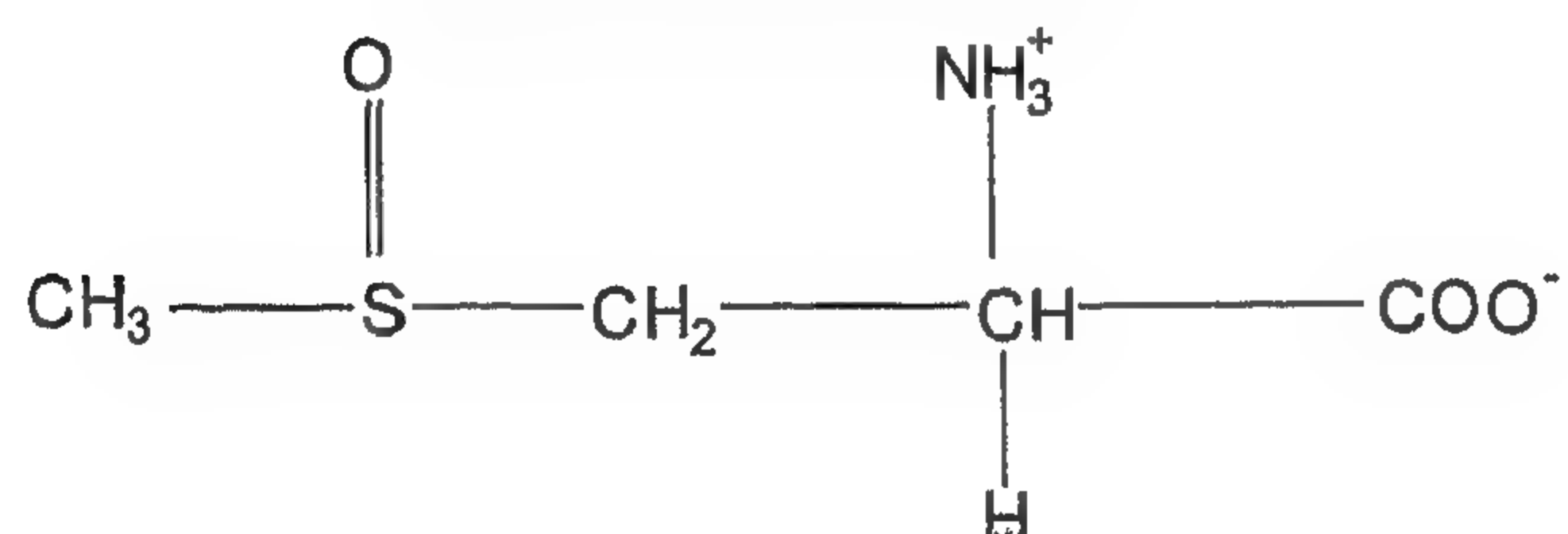
الفصل الثالث: الاحماض الامينية

Lanthionine



β - amino - β - carboxyethylsulfide

(يتكون نتيجة التحلل المائي للبروتين كيراتين)
S-methyl cysteine sufoxide

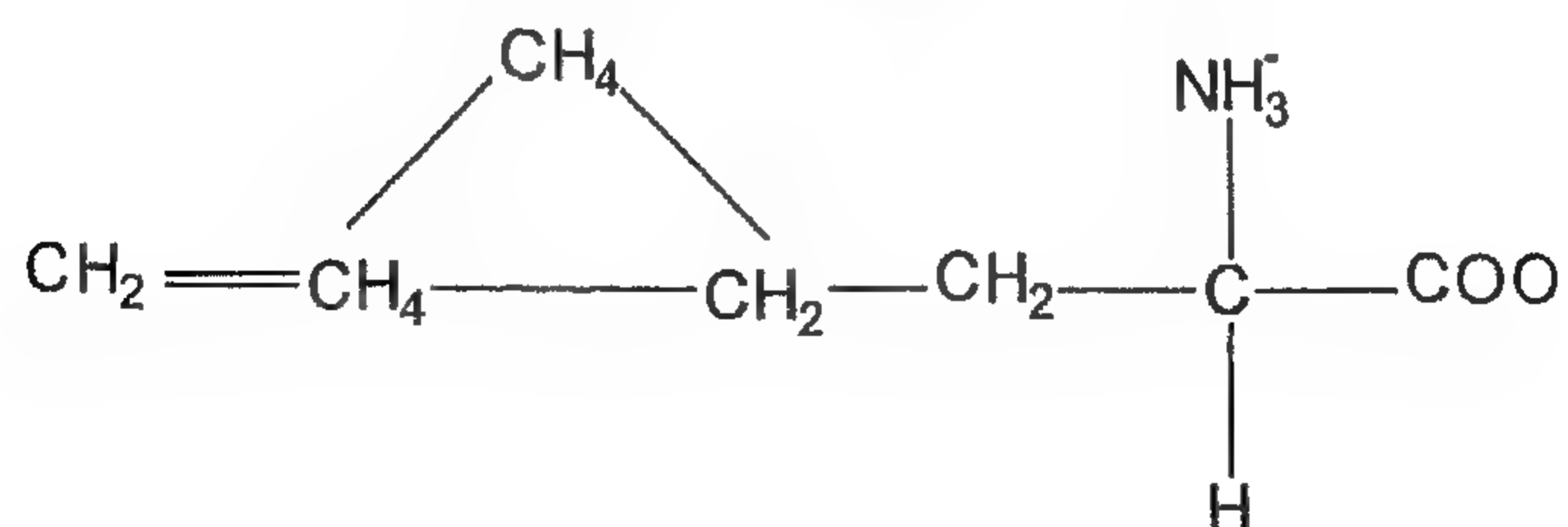


(في النباتات العليا)

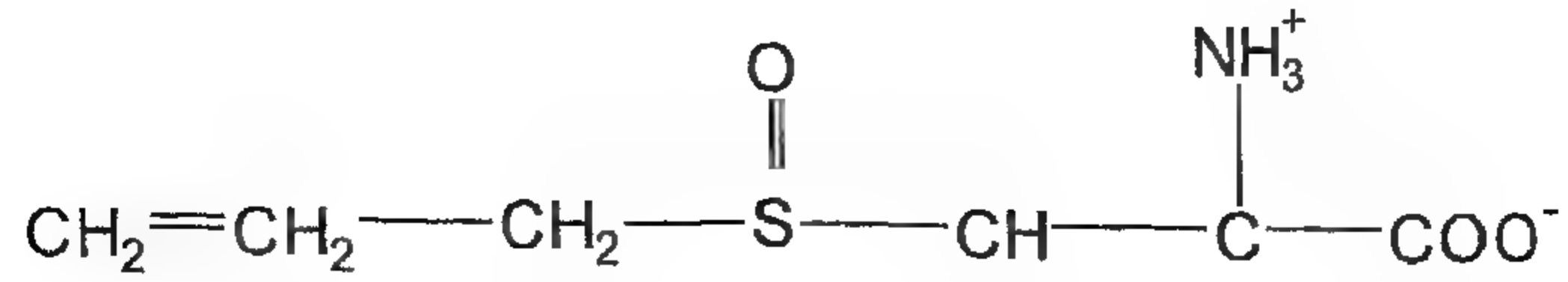
Hypoglycine - 11

α - amino - methylene cyclo propan propionic acid

(Bilighia Sapida)



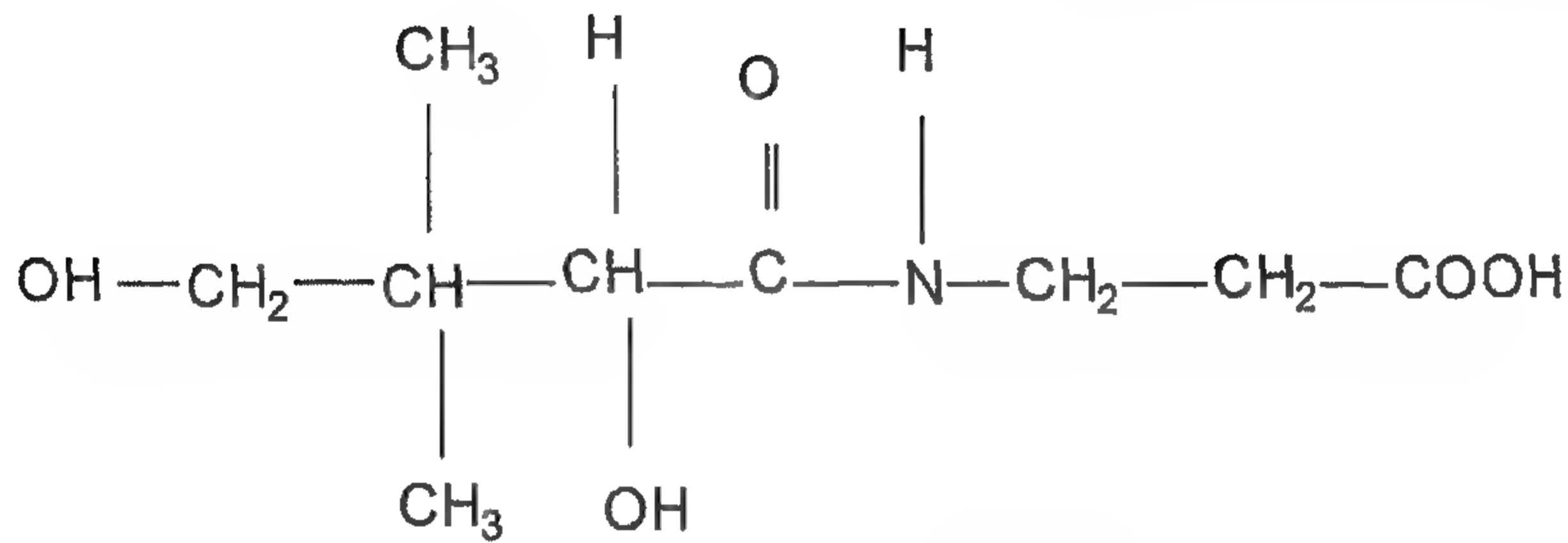
Alliin -12



(في النباتات العليا) S-allylcysteine sulfoxide

Pantothenic acid - 13

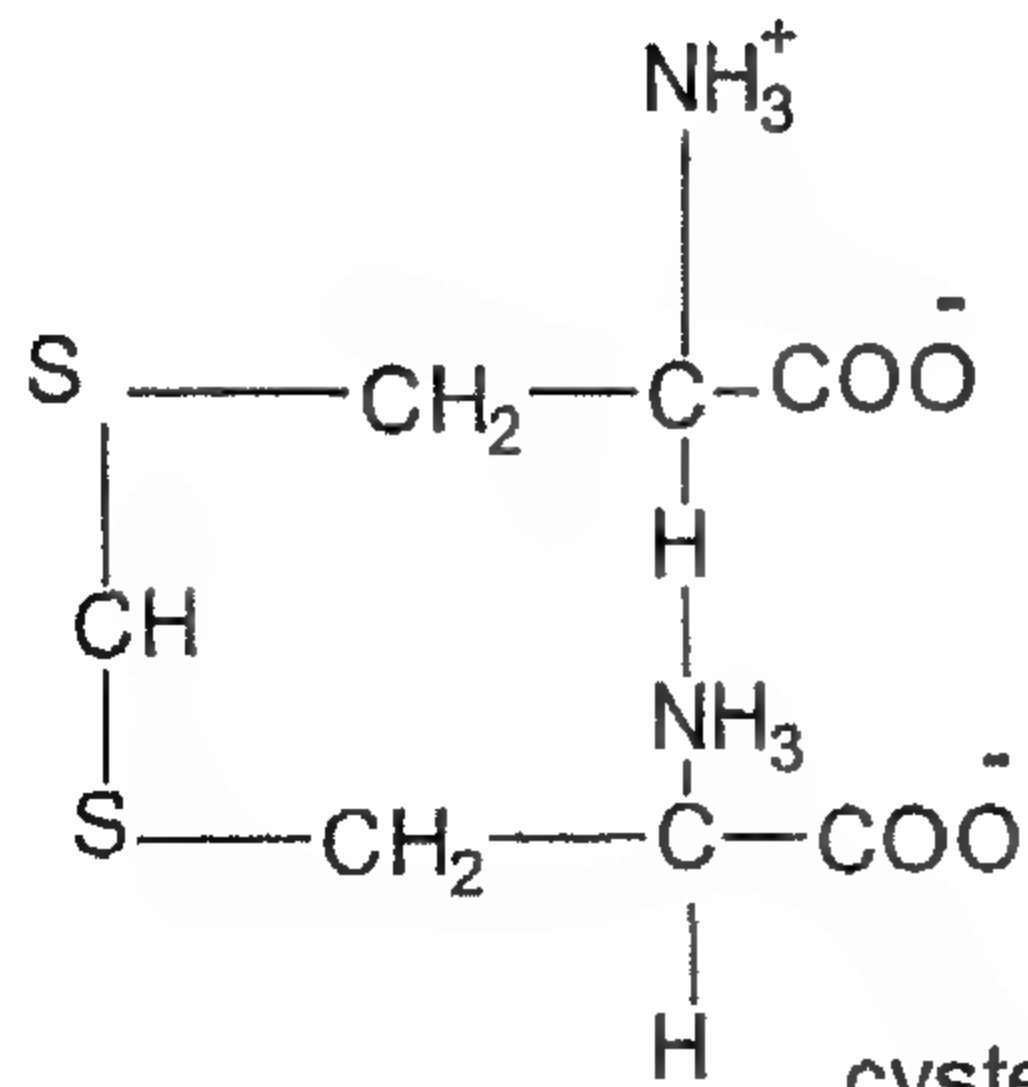
وهو احد فيتامينات مجموعة B



α - γ - dihydroxy - β - β - dimethyl butyryl

Djenkolic acid - 14

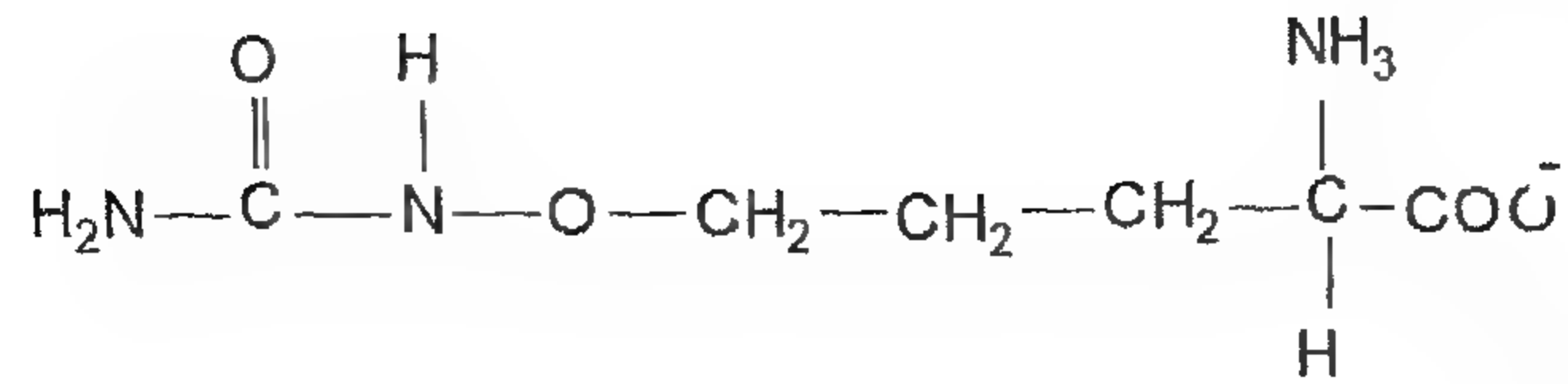
يوجد في الفطريات



cystein thioacetal of formaldehyde Djenkol

الفصل الثالث: الاحماض الامينية

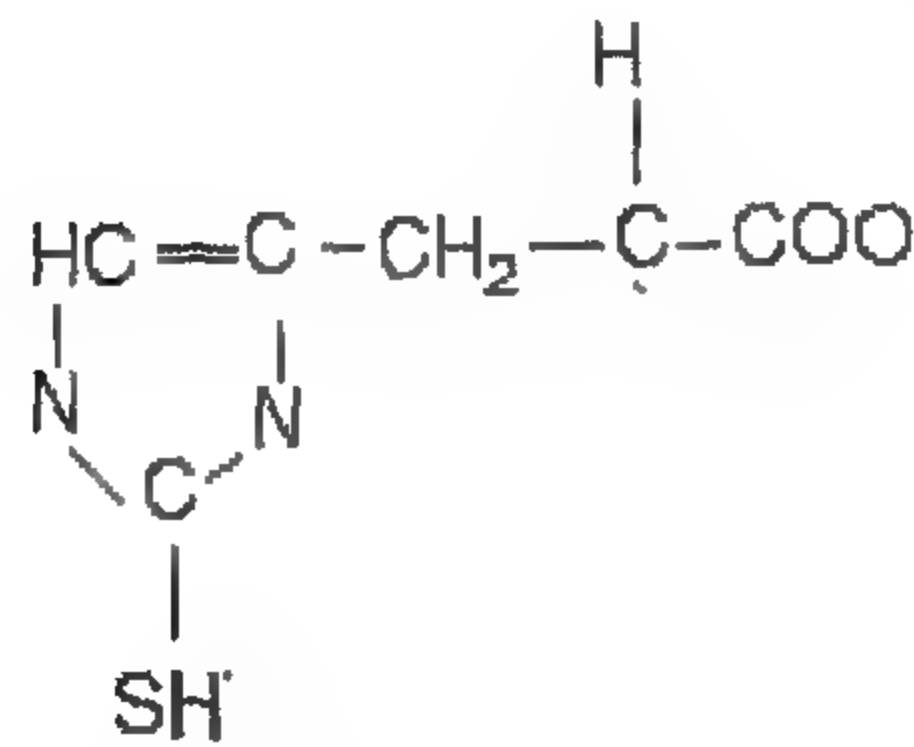
Canavanine- 15



Canavanine

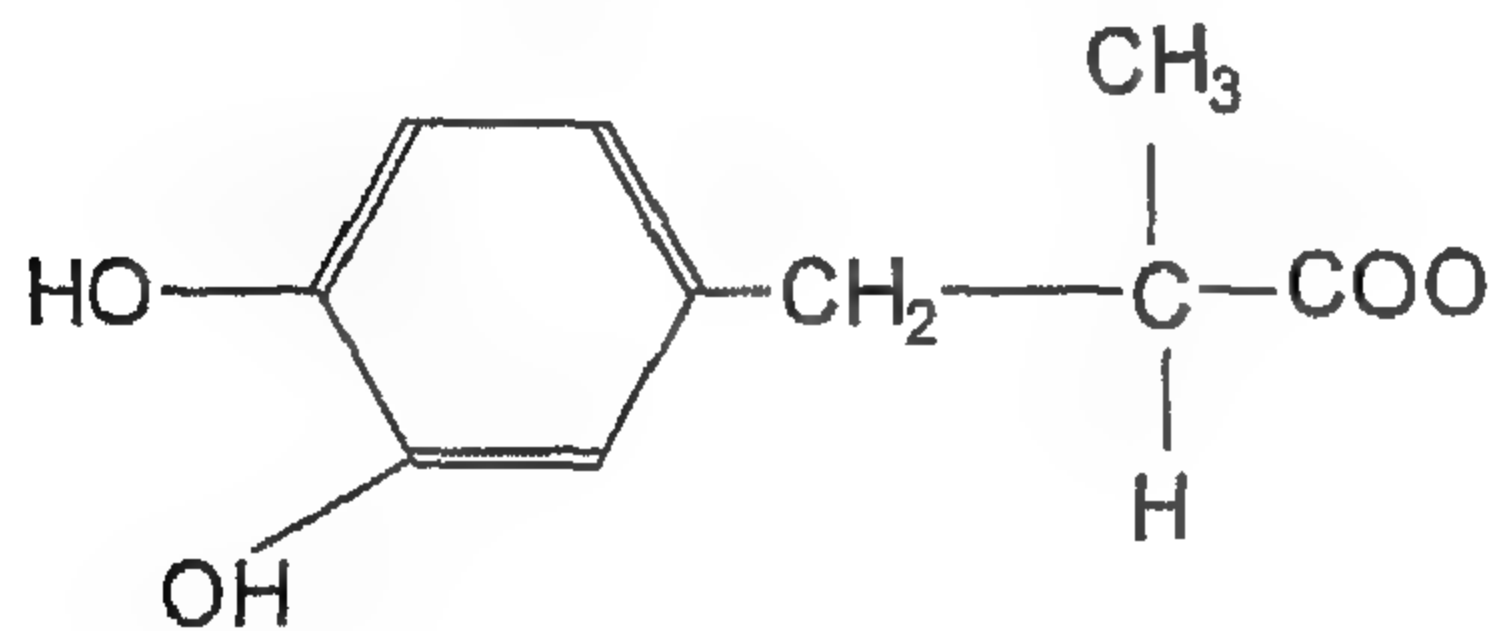
α - amino- γ -guanidiinoxy-n-butyric acid

ergothioneine- 16



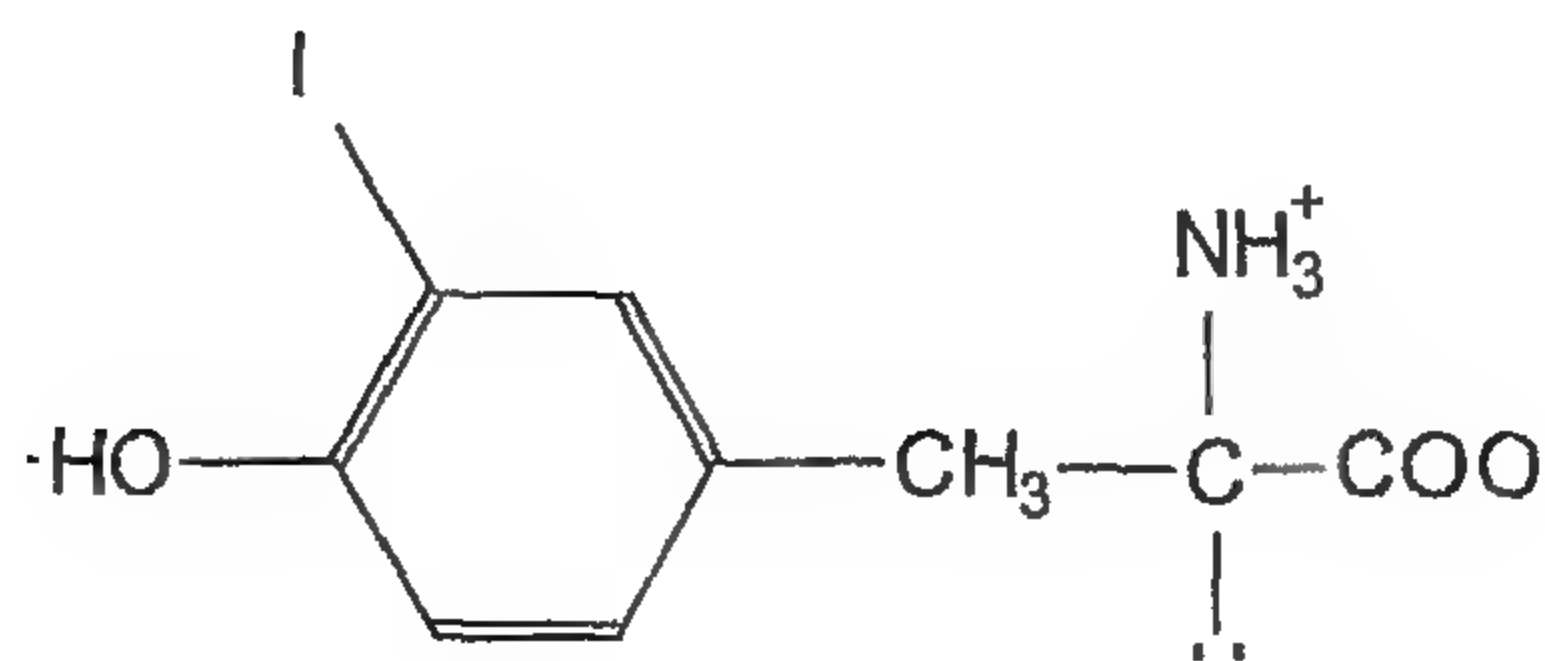
17 - ergothioneine (يوجد في فطر Ergot ، الخلايا الحمراء)

18 - Dihydroxy phenyl alanine (في بذرات بعض أنواع الفاصوليا)

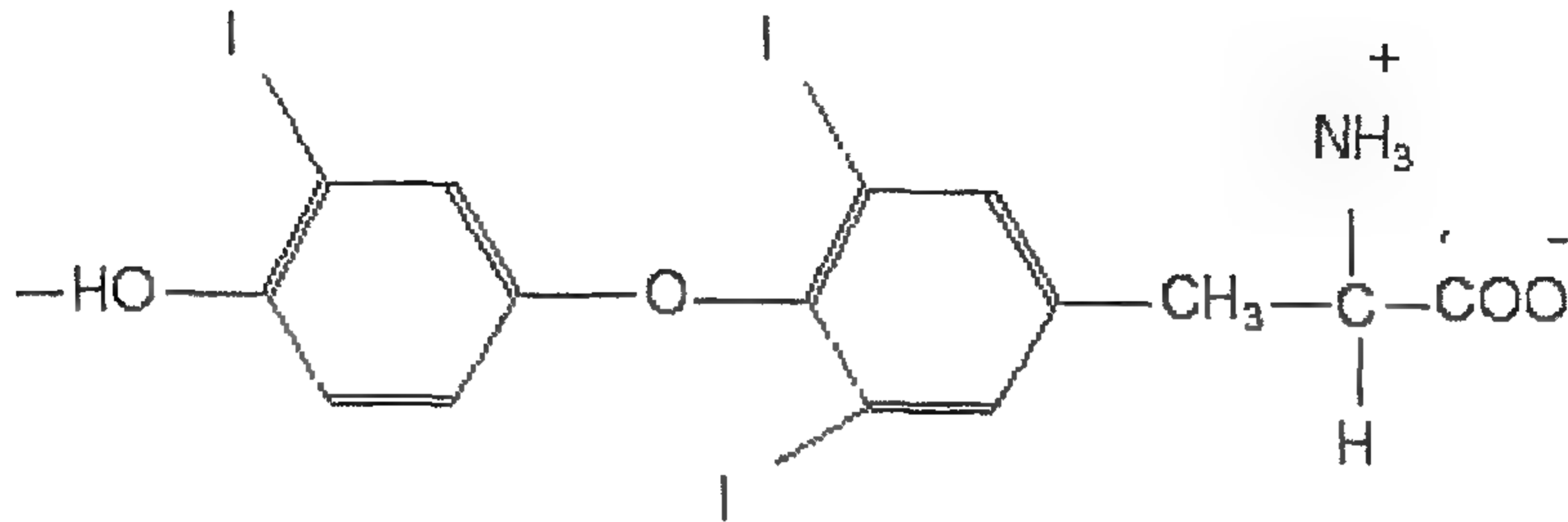


α -amino- β -3,4-dihydroxy phenyl propionic acid

19 - 3-Iodotyrosine (في الغدة الدرقية)

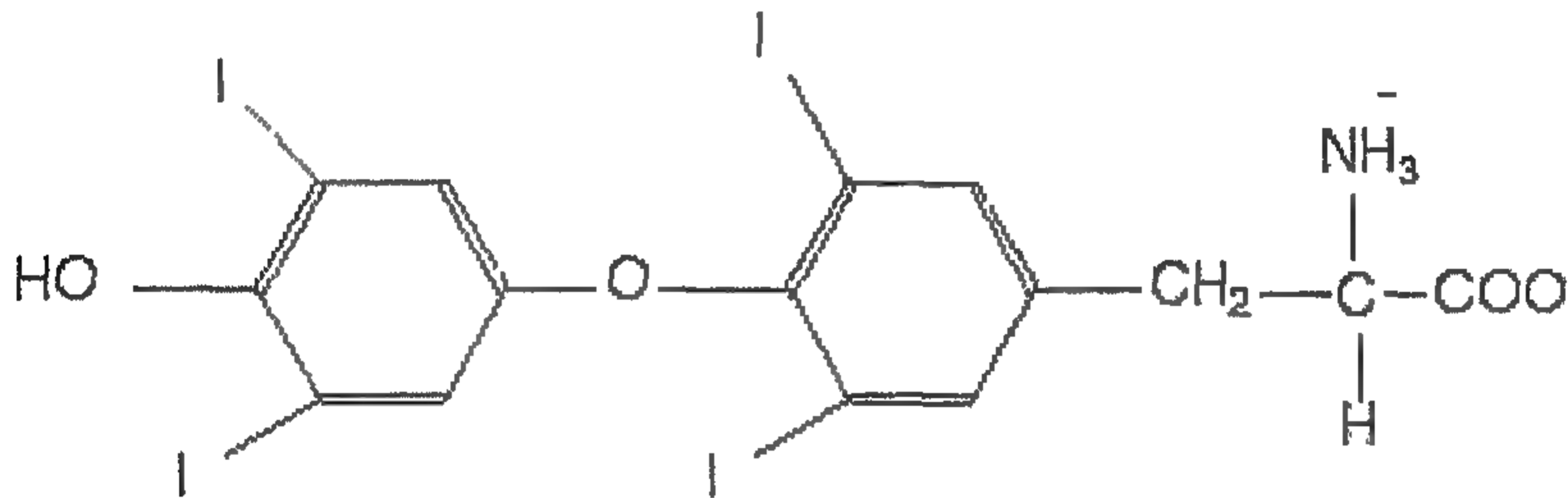


20 - 3,5,3-triiodo thyronine (في الغدة الدرقية)



21 - Thyroxin (مشتق من الحامض الاميني tyrosine) (في الغدة

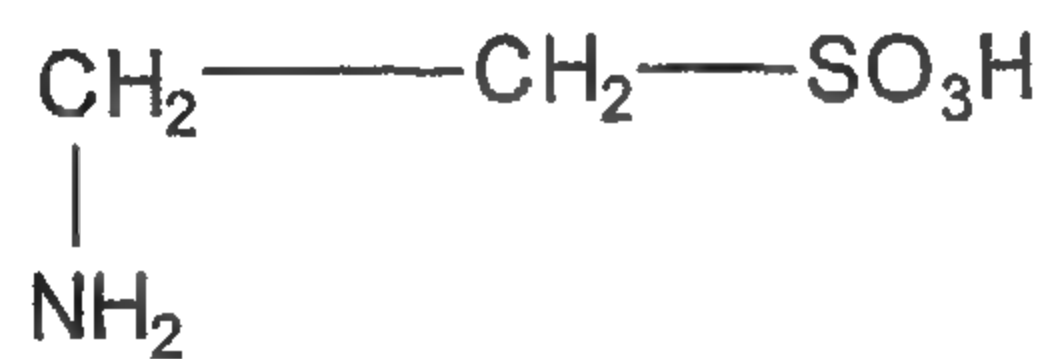
الدرقية)



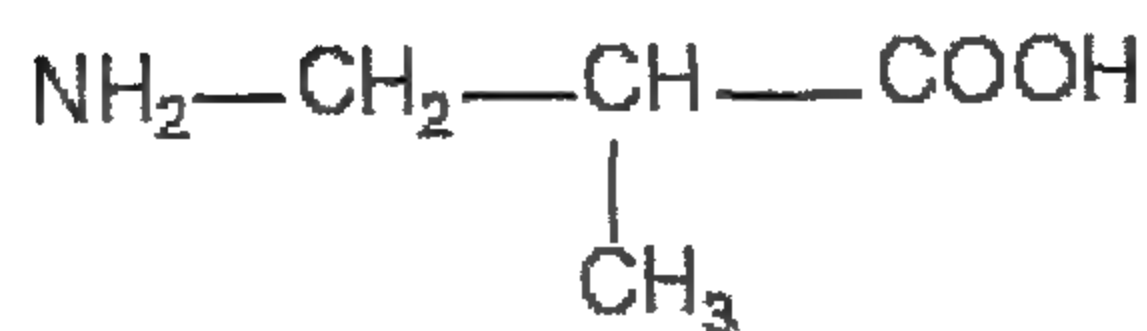
3,5,3,5-Tetraiodothyronine

22 - Taurine (يوجد في الخلايا أو متحد مع الأحماض الصفراوية

(taurocholate)



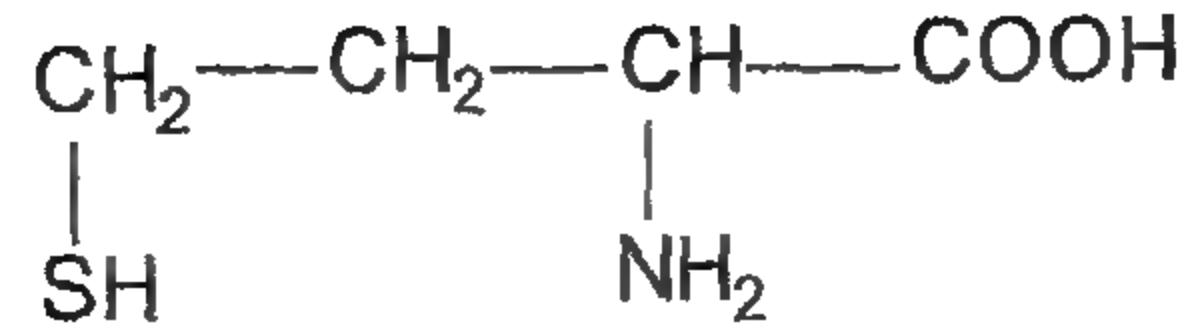
23 - β - amino isobutyric acid



المركب النهائي في العمليات الحياتية للبيريبيدين كما يوجد في إدرار المرضى المصابين في بعض الأمراض الوراثية .

الفصل الثالث: الأحماض الأمينية

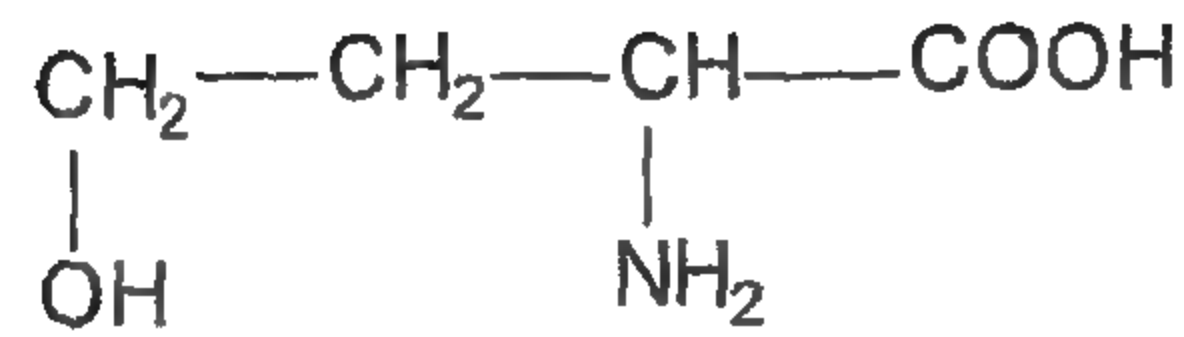
Homocystein- 24



يوجد كمركب وسطي يتكون أثناء التركيب الحياتي للمثايونين

Methionine

Homoserine - 25

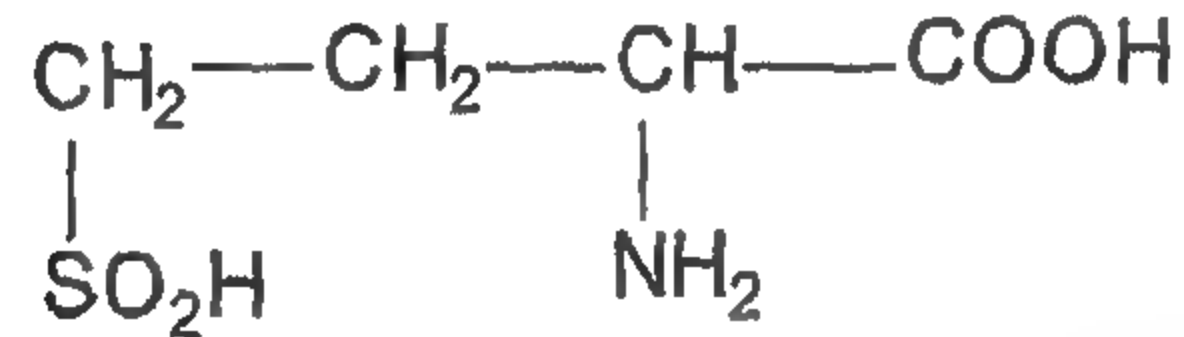


threonine

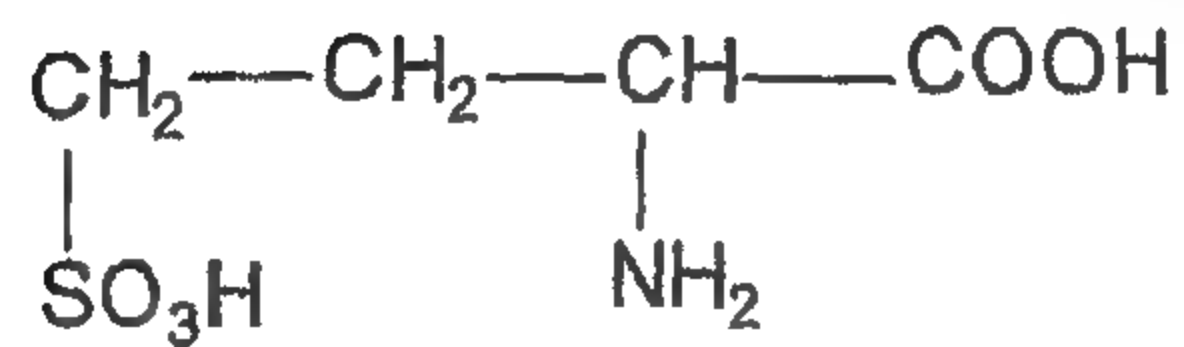
ويتكون أثناء تقاعلات الأحماض الحياتية

,aspartate,methrone,methioninoe

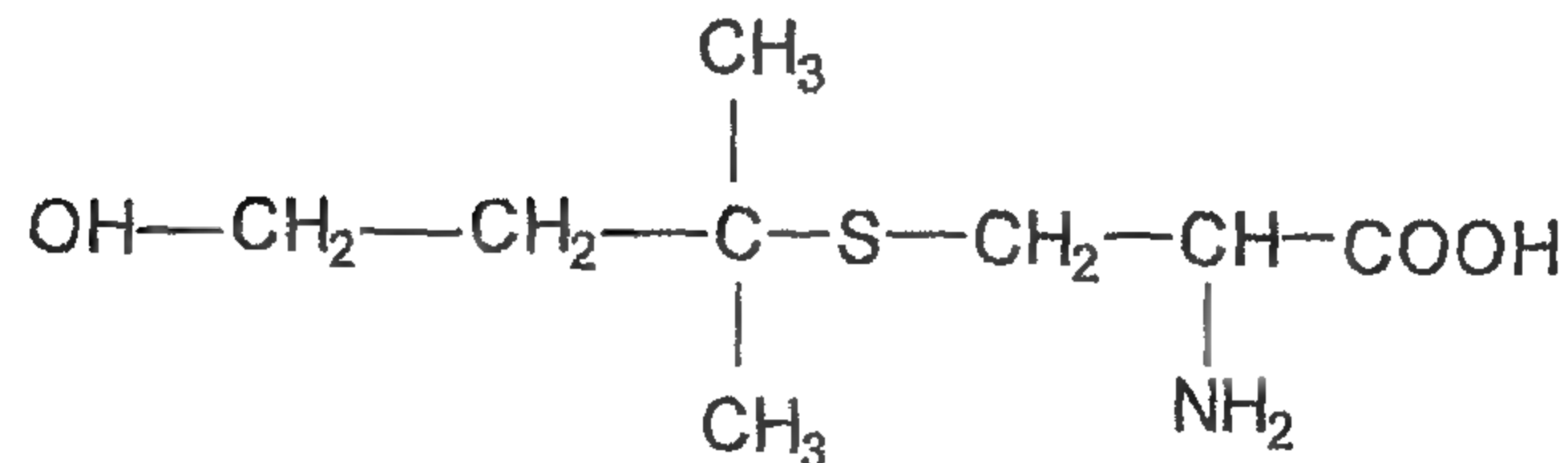
Cysteine sulfinilic - 26 (في أنسجة المخ للجرد)



Cysteic حمض - 27



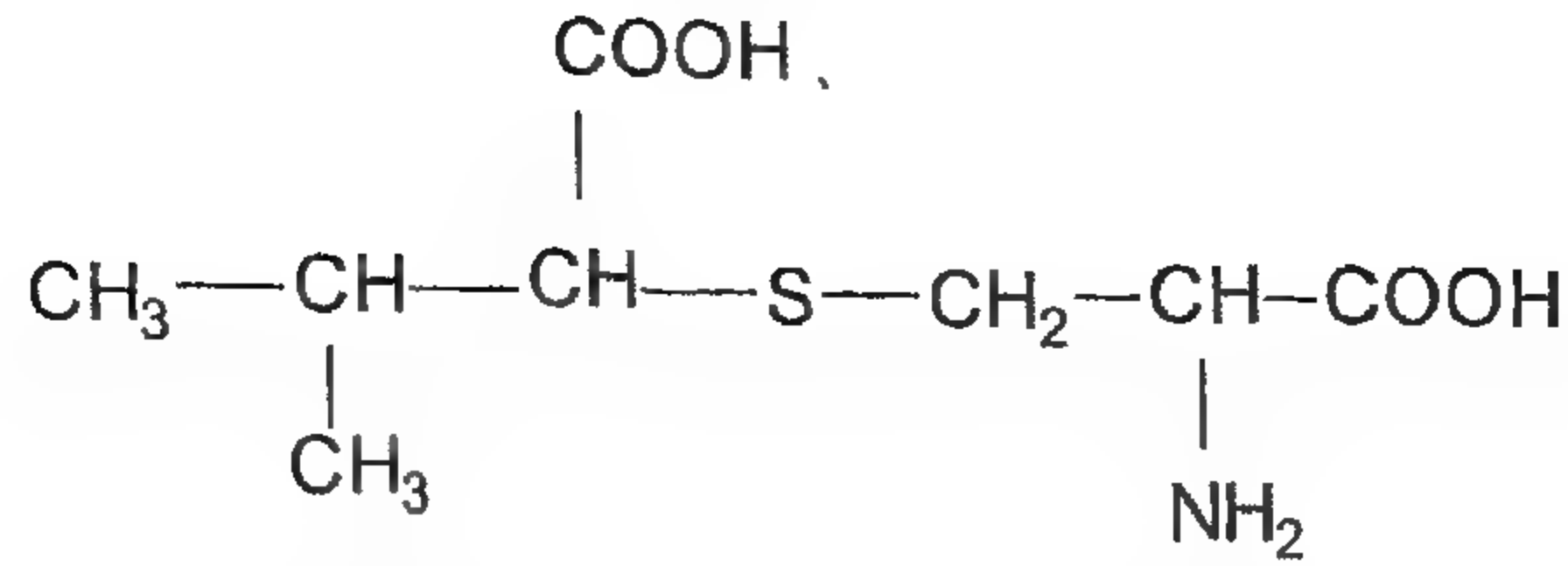
Felinine - 28 (في إدرار القط)



Isovalthine - 29 (في إدرار القطط وبعض المرضى المصابين بنقصان في

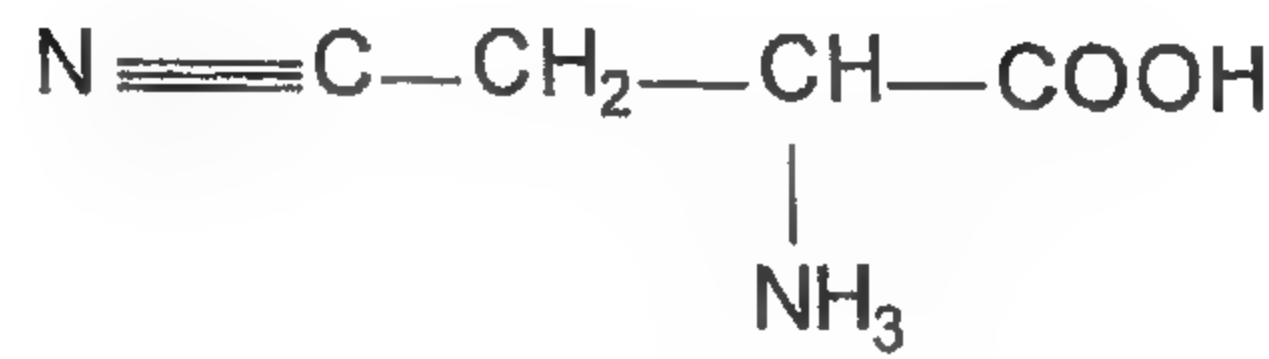
افرازات الغدة الدرقية)

مبادئ الكيمياء الحياتية



30 - β - Cyanoalanine (وهي من المواد السمية للكثير من

أشكال الأحياء)



(ب) التركيب الحياتي والكيميائي للأحماض الامينية

يمكن تركيب الأحماض الامينية ذات الموقع (ألفا) بالطرق التالية :

- 1 - التحلل المائي للبروتينات
- 2 - الطرق الكيميائية
- 3 - الطرق الحياتية

الطرق الكيميائية

ويستعمل بهذه الطريقة مركبات مناسبة يمكن إدخالها في سلسلة تفاعلات للحصول على الحامض الاميني المناسب .

1 - من الأحماض الكيتونية

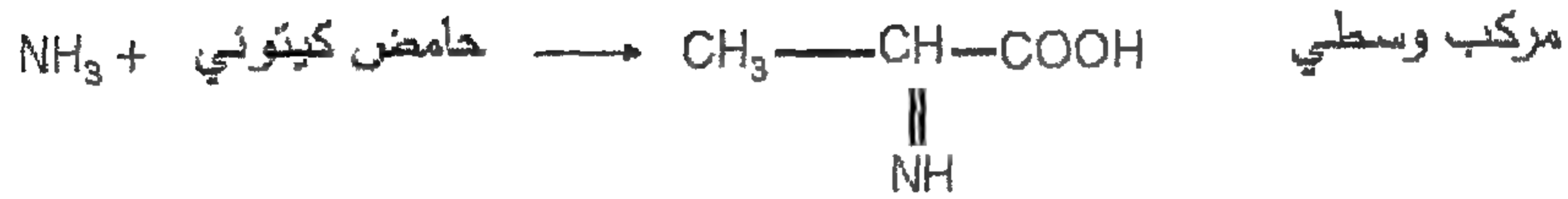
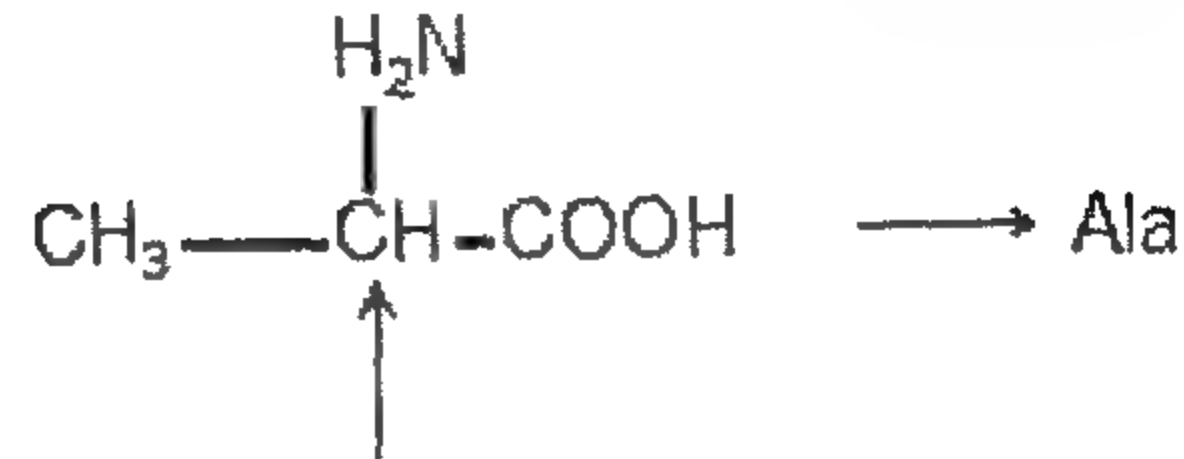
بوجود عامل مساعد مناسب تتفاعل الأحماض الكيتونية مع الامونيا مكونا مركبا وسطا (الحامض الاميني) (imino acid) ويختزل الأخير بعد ذلك مكونا الحامض الاميني المناسب .

الفصل الثالث: الأحماض الأمينية

مثال تكوين الالانين

المعادلة رقم (1)

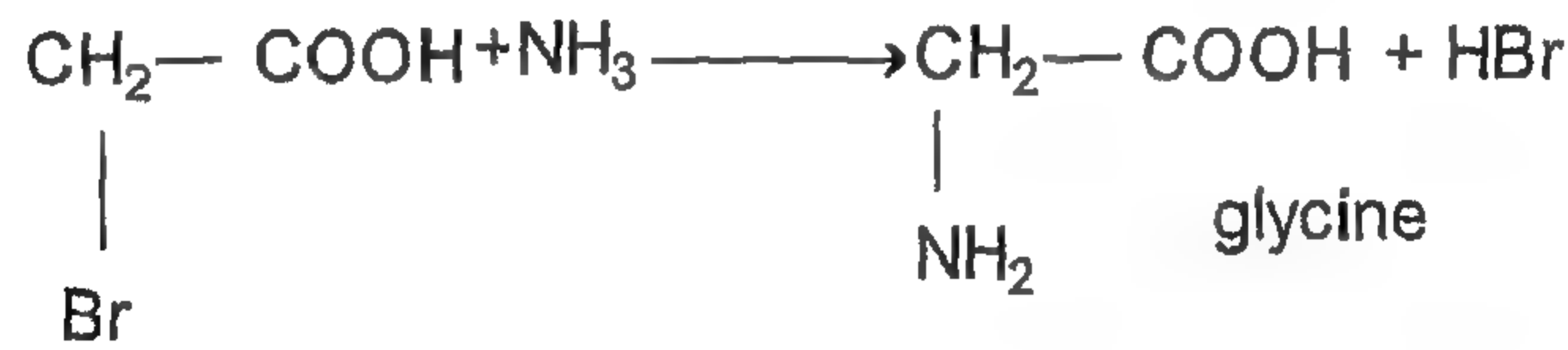
ALanine synthesis



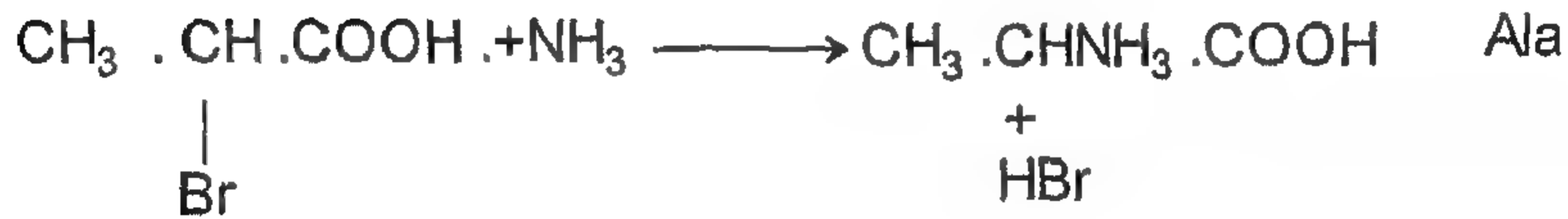
2 - من الأحماض الهالوجينية

تعتمد هذه الطريقة على استبدال ذرة الهالوجين بمجموعة الأمين وباستعمال

الأمونيا ويستعمل حامض mono bromoacetic لتحضير Glycine



بينما يحضر الالانين Alanine عندما يستعمل

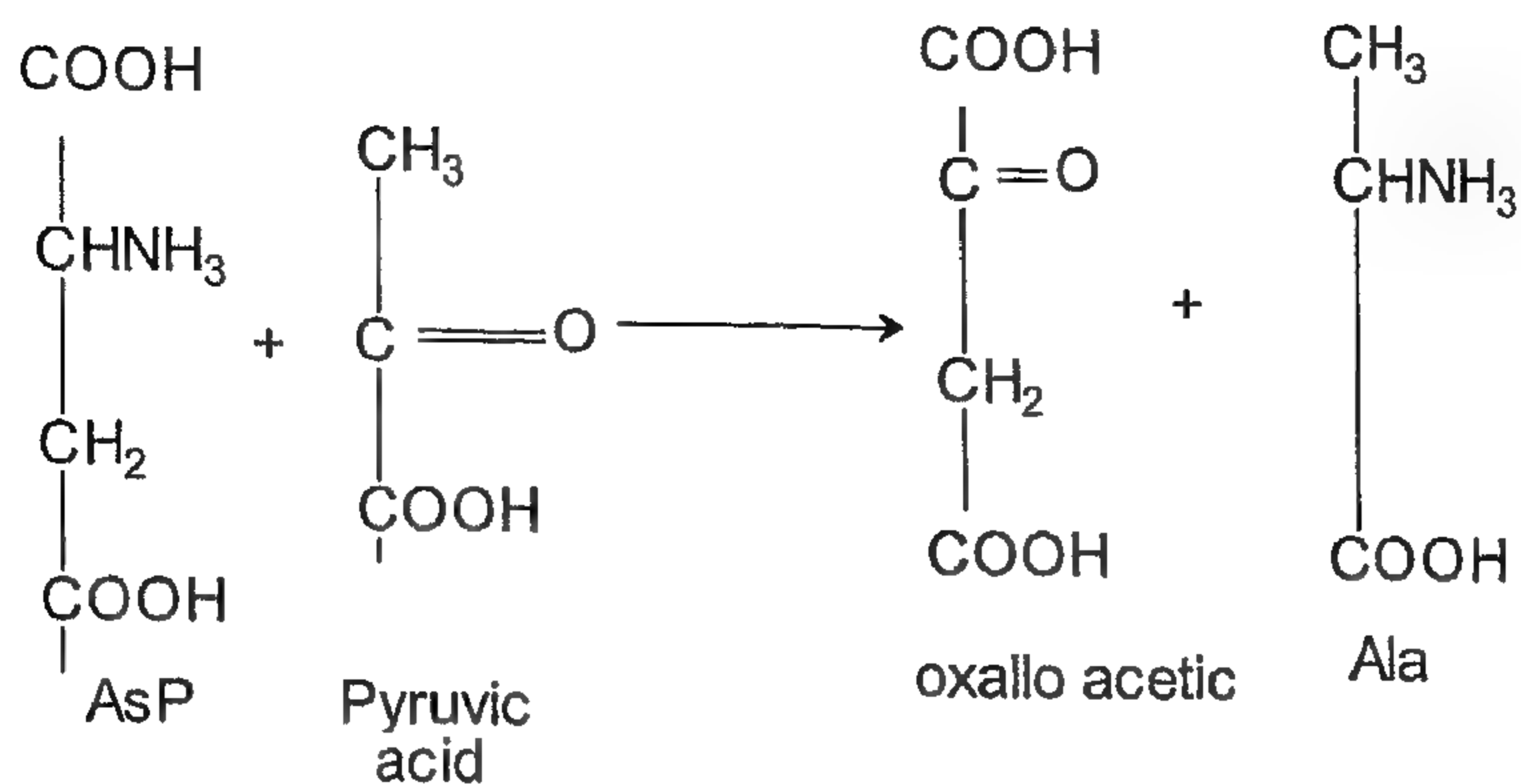


3 - بانتقال المجموعة الأمينية

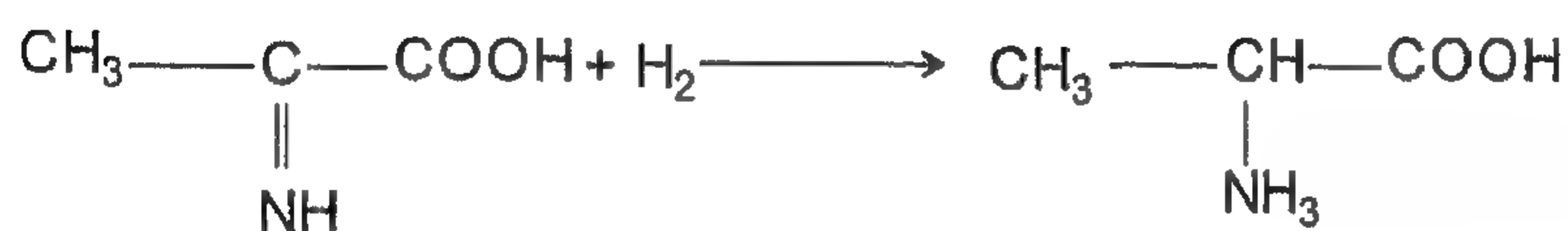
من الحامض الأميني إلى الكيتوني وبالأخص يحدث هذا التفاعل عند

وجود حامض الاسبارتك أو الكلوتاميك مع حمض كيتوني مثل حمض الـ

oxaloacetic أو pyruvic



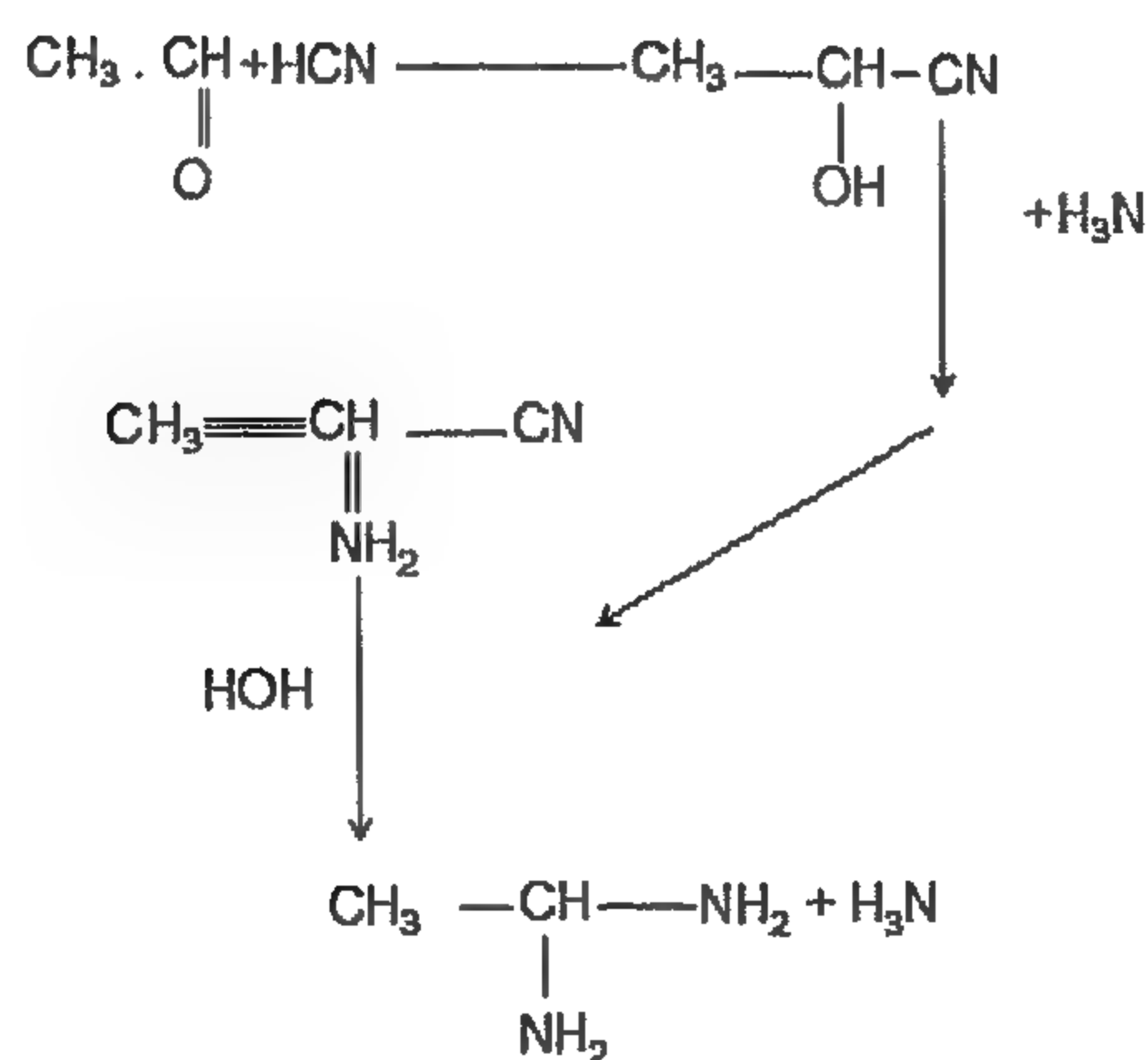
المعادلة رقم (2)



4 - من اللديهايدات

يتفاعل حامض HCN مع الألددهيدات مكونا $CYanohydrin$ والذي يتفاعل مع الأمونيا مكونا مركبا وسطا يتحول بدوره إلى الحمض الأميني المناسب .

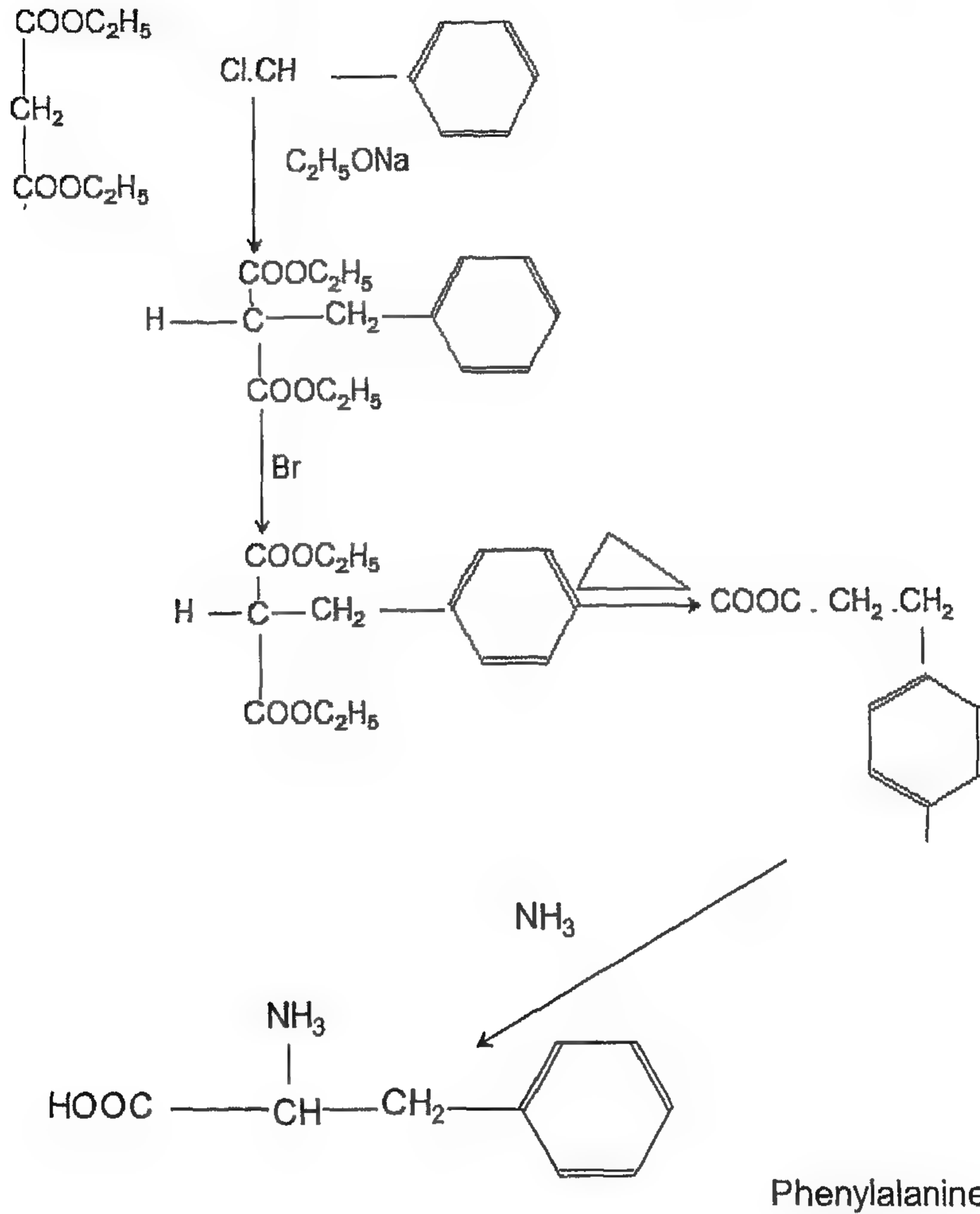
المعادلة رقم 1



المعادلة رقم 3 تسمى هذه الطريقة بـ strecker

5 - تكوين الاستر المألوني Malonic ester synthesis

وتشمل الالتحام المباشر بين الألدهايد والاستر المألوني



التكوين الحيائي للأحماض الأمينية

يجب توفر المصدر النتروجيني لتكوين مجموعة الأمين وكذلك المصدر الكربوني والمصدر النتروجيني هو النتروجين اللاعضوي يتحول بطريقة

الأكسدة والاختزال إلى الامونيا حيث يستفاد منه بتكوين مجموعة الأمين إما المصدر الكربوني فهو متنوع ويمكن اعتبار كل من المركبات التالية مصدرا مختصا لبعض الأحماض الامينية .

1 - *GLceric 3-p* : -يتكون منه الـ *cystine, Glycine serine*
. *cysteine*

2 - α - *ketoglutaric* : -يتكون منه *Glutamic* والأحماض المشتقة عنه .

3 - *pyruvic acid* .

4 - *pentoses* .

(ج) تفاعلات الأحماض الامينية

تعتمد التفاعلات الكيميائية التي تقوم بها الأحماض الامينية على وجود :

أ - مجموعة الكاربوكسيل $COOH$

ب - مجموعة الأمين NH_2

ج - المجاميع الأخرى التي تعطي الصفات الخاصة للأحماض الامينية مثل

الاميدازول *SH, Guanidino, imidazole*.....الخ

أ - تفاعلات المجموعة الكاربوكسيلية

تقوم المجاميع الكاربوكسيلية للأحماض الامينية بالتفاعل لتكون

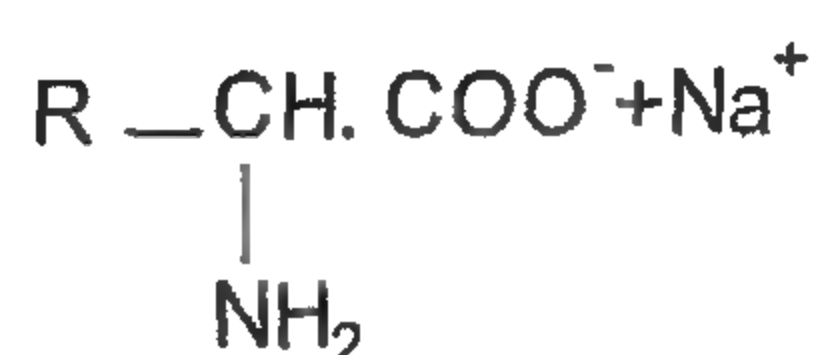
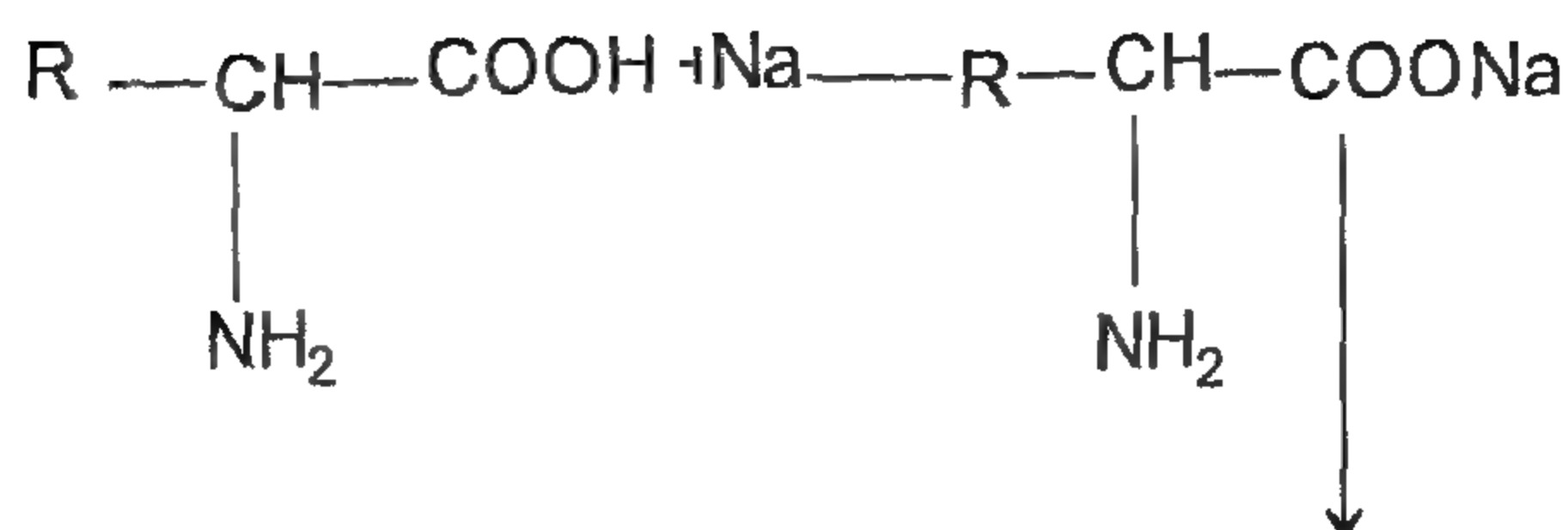
الاميدات ، الاسترات ، وكذلك الهاليدات الحامضية

(1) مع القواعد

عندما يستعمل $NaOH$ للتفاعل مع الحمض الاميني يتكون ملح الصوديوم

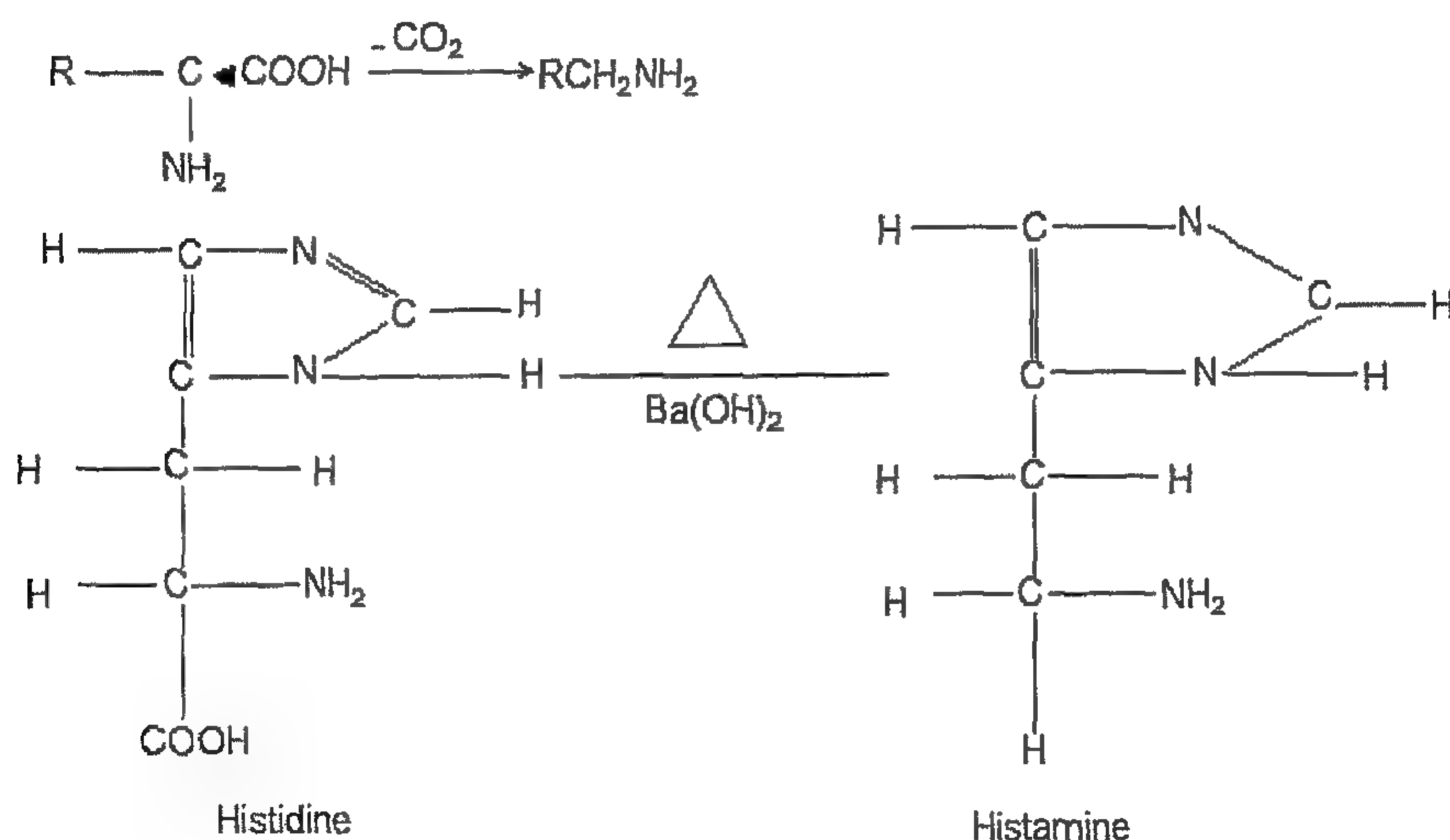
ألى يتاين ألى ايون الصوديوم والحمض الاميني .

الفصل الثالث: الأحماض الامينية



(2) فقدان مجموعة الكربوكسيل

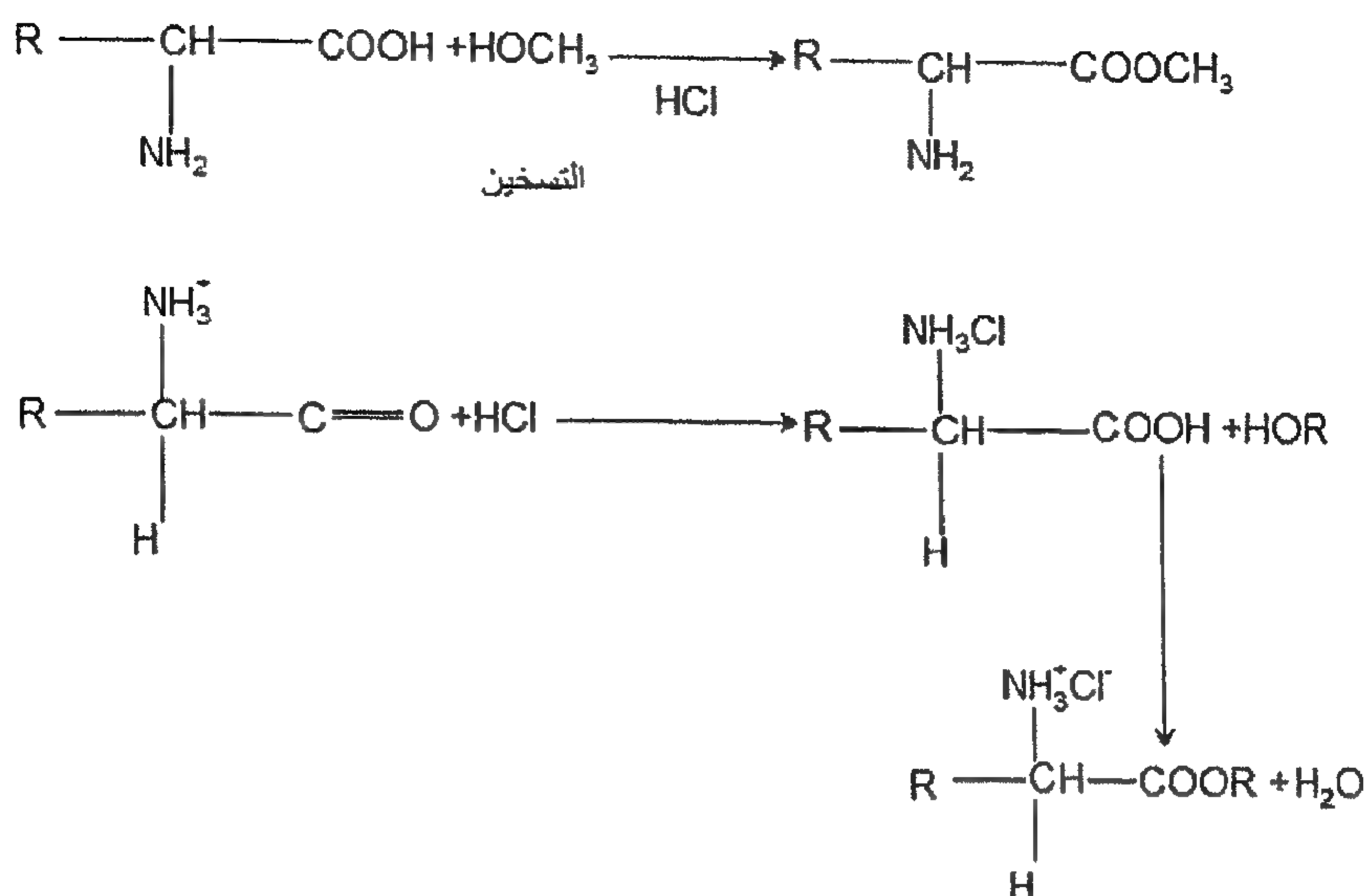
عند تسخين الحامض الاميني بوجود هيدروكسيد الباريوم أو *amine* *Diphenyl*, يزال ثاني أكسيد الكربون ويتكون الأمين الأولي الذي يقل ذرة كاربون عن الحامض الاميني الأصلي



(3) تكوين الاسترات

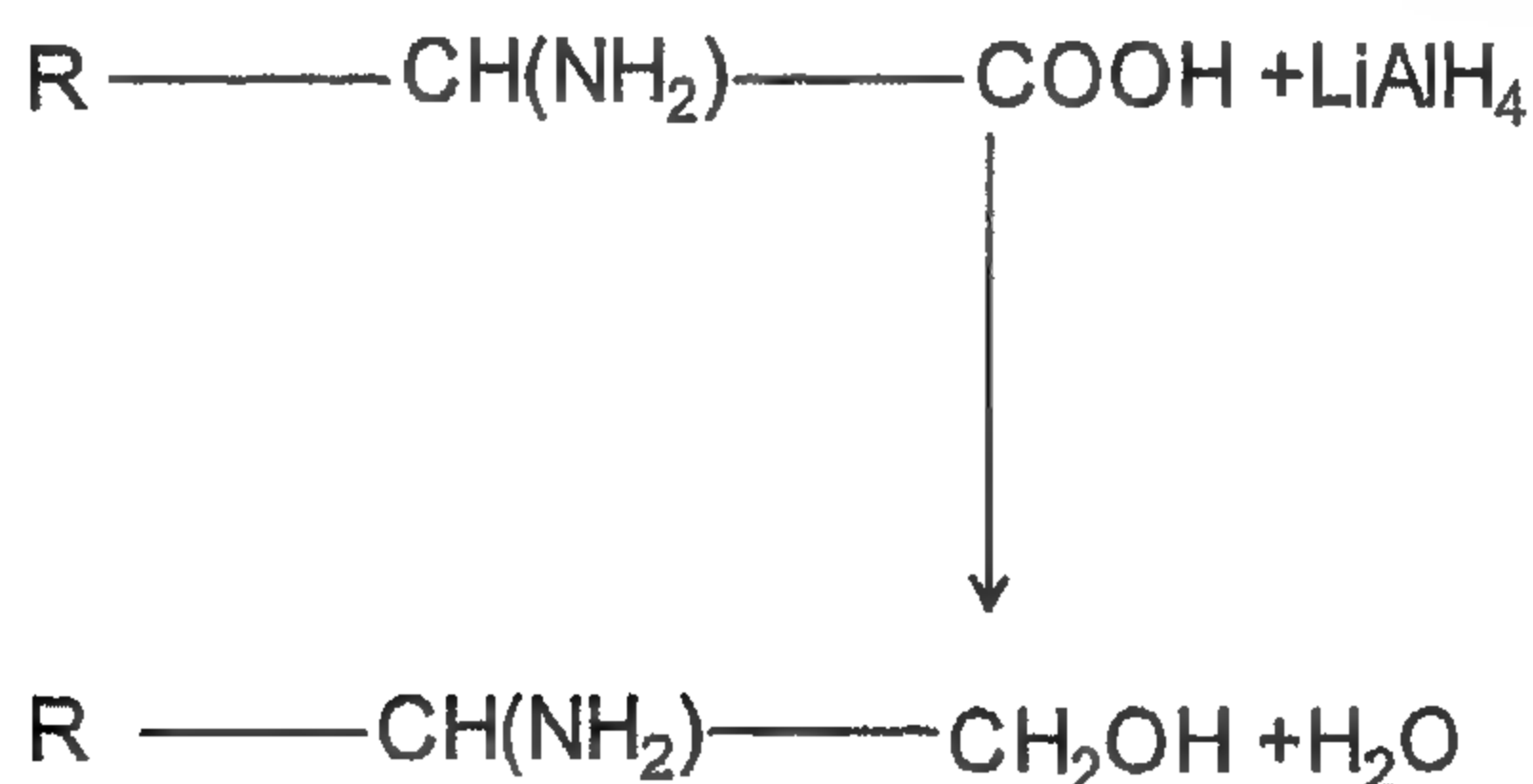
تتفاعل الأحماض الامينية مع الكحولات بوجود HCl الجاف مكونا الاستر المناسب (الاستر المثلي).

مبادئ الكيمياء الحياتية



أما أسترة الأحماض الامينية فبالتفاعل مع الايثانول أو الكحول البنزيلي فيستعمل للمحافظة على مجموعة الكربوكسيل للأحماض الامينية عند صنع البيتدات.

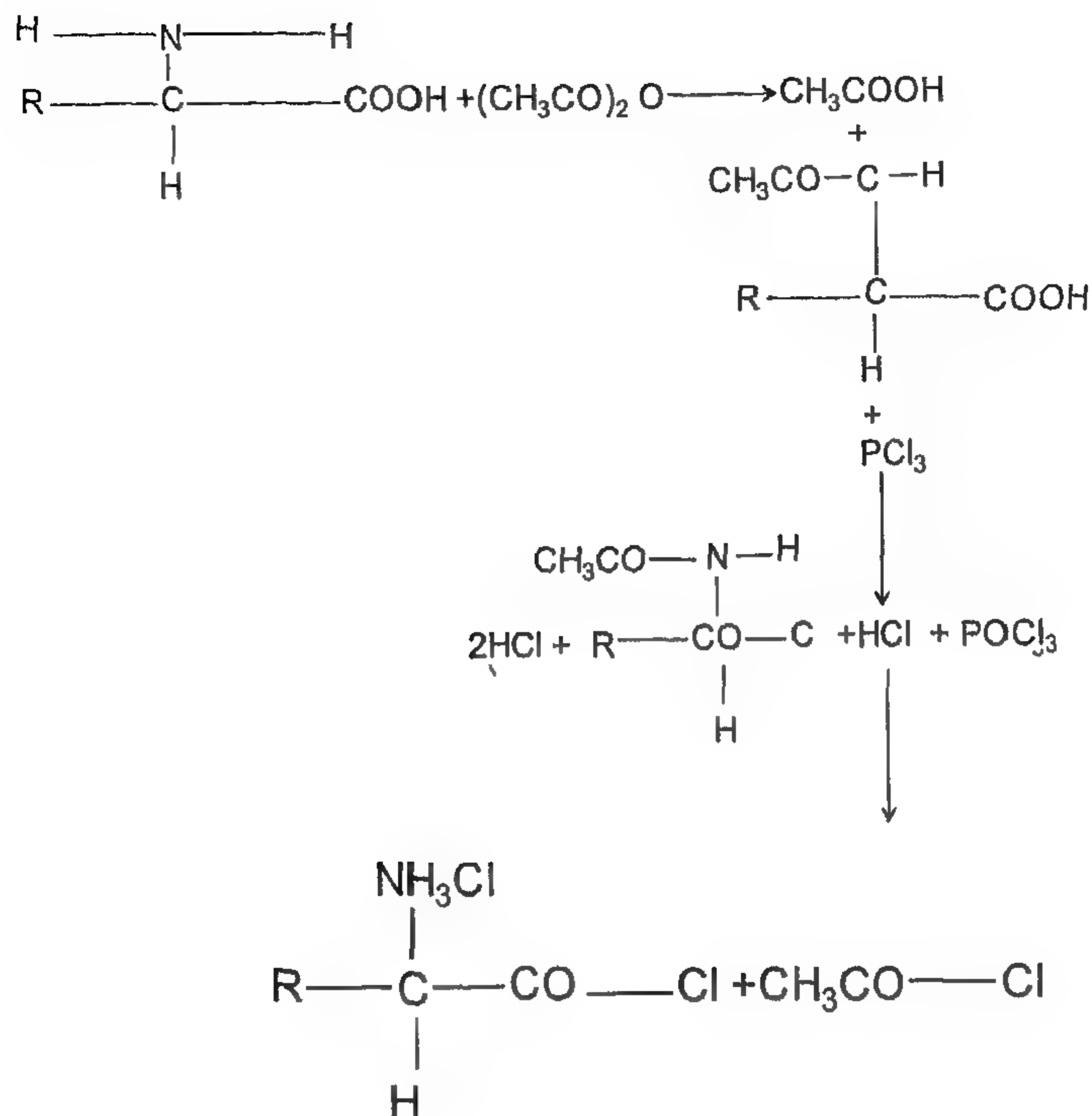
(4) يمكن اختزال الأحماض الامينية الحرة واسترتها LiAlH_4 المذاب بايثر الى الكحولات المناسبة.



(5) تكوين كلوريدات الأحماض amino acyl chlorides

تنتج من تفاعل مجموعة الكربوكسيل مع خامس كلوريد الفسفور، حيث يتطلب أولا وقاية مجموعة الأمين باستلتها بعدها يعامل الأخير بـ SOCl_2 الى PCl_5 يمكن بعد ذلك إزالة مجموعة الاسيتل بمعادلة ب الجاف .

الفصل الثالث: الأحماض الأمينية

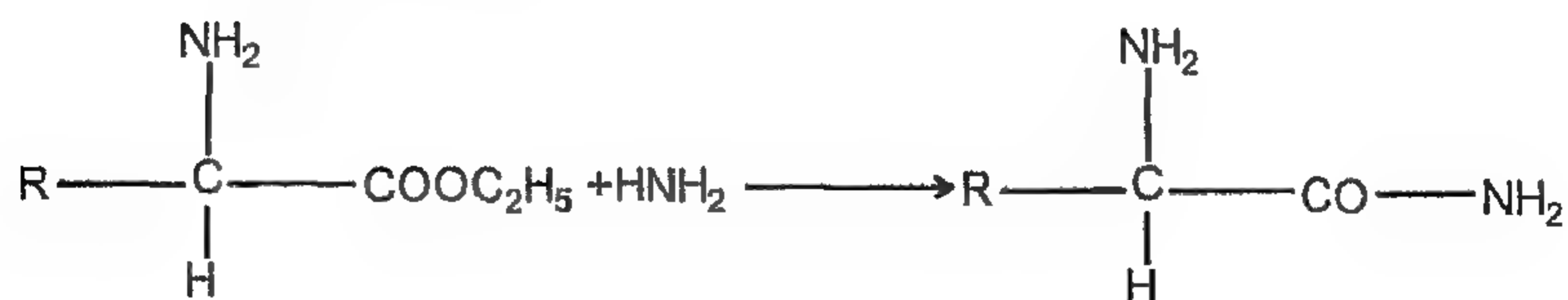


(6) تفاعل الأحماض الأمينية مع الأمونيا

تتفاعل الأحماض الأمينية مع الأمونيا مكونة الأميدات من خلال مجموعة الكربوكسيل، وينفس الكمية يتفاعل مع الأمينات ومشتقاتها لتكون الأميدات حيث تتفاعل أسترات الأحماض الأمينية مع الكحول أو الأمونيا اللامائي



Anhydrous ammonia

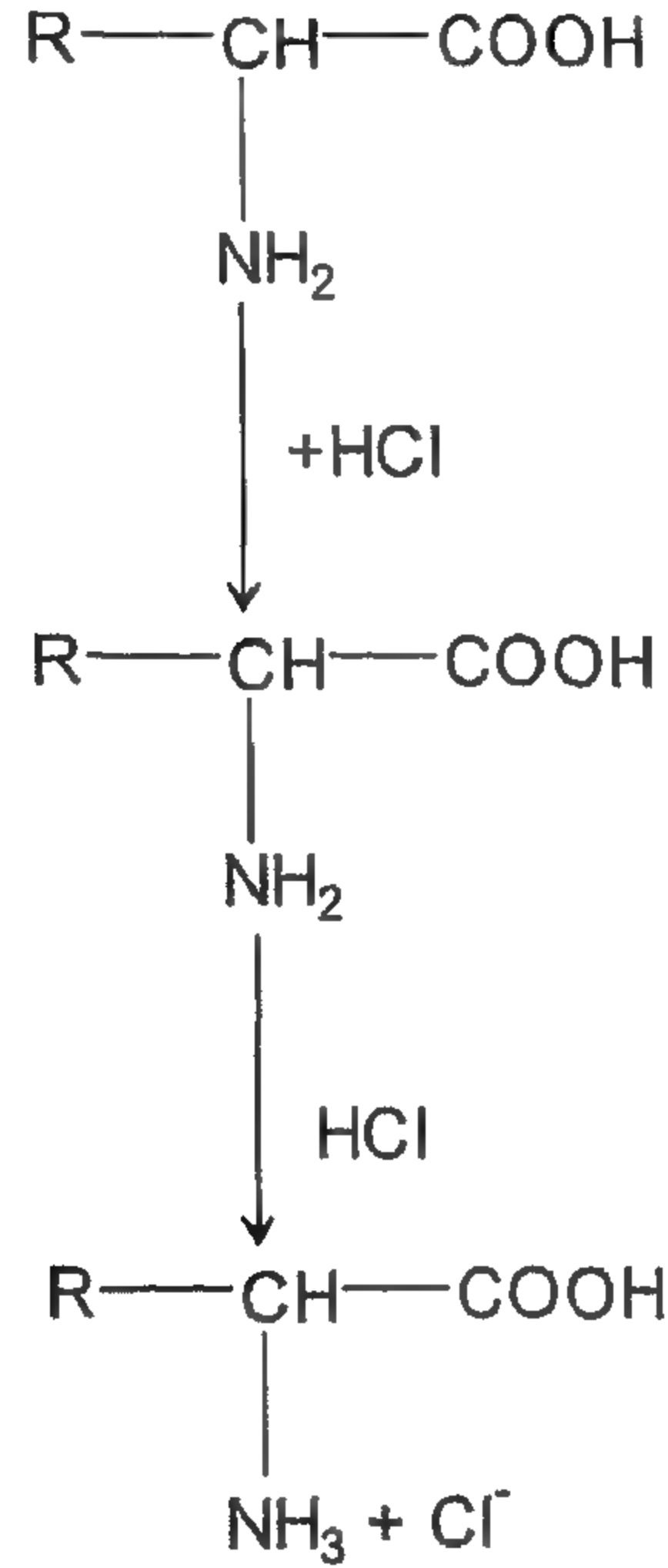


مبادئ الكيمياء الحياتية

ب - تفاعلات المجموعة الامينية

1 - مع الأحماض

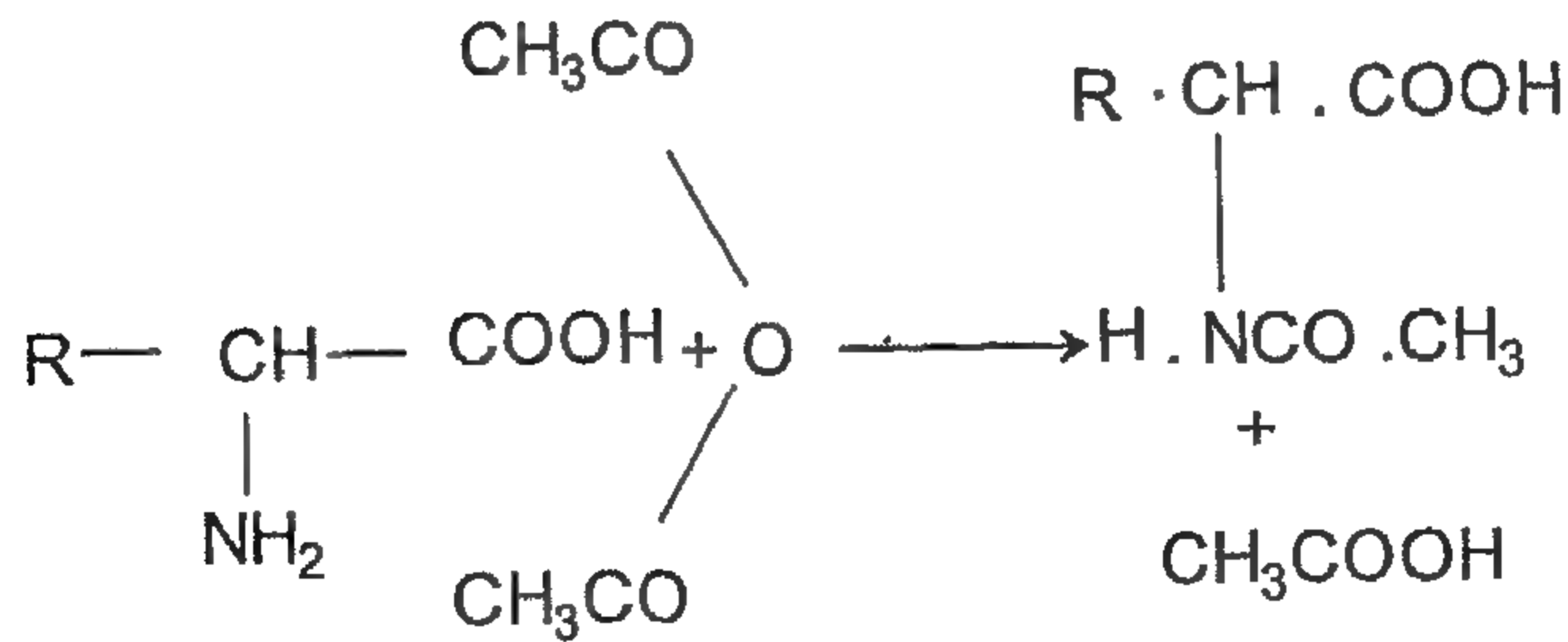
يتفاعل الحامض الاميني مثلاً HCl مكوناً Amino acid HCl والأخير يتأين إلى أيون الحامض الاميني الموجب والكلور السالب حسب المعادلة التالية:



2 - أسيلة الأحماض الامينية

أ - Acylation (acetylation) acetic anhydride - مكونة المشتق

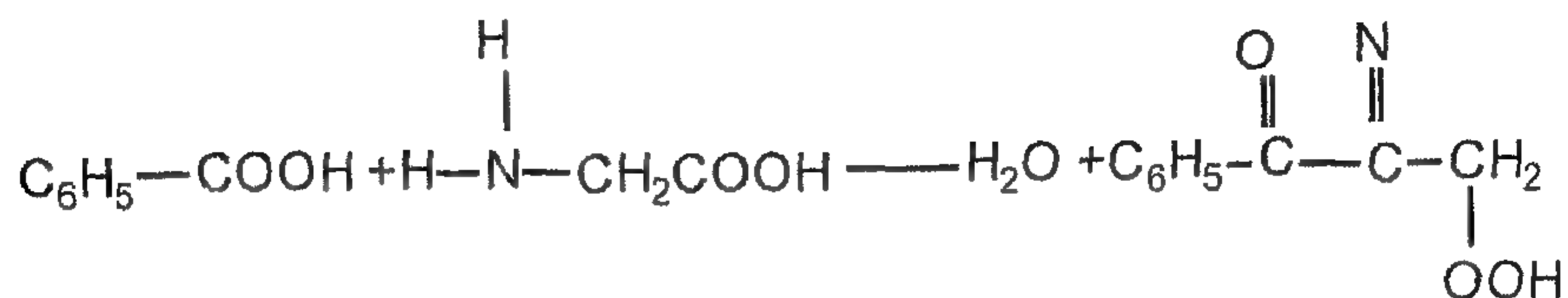
الاسيتيلي للحمض الاميني وحمض الخليك .



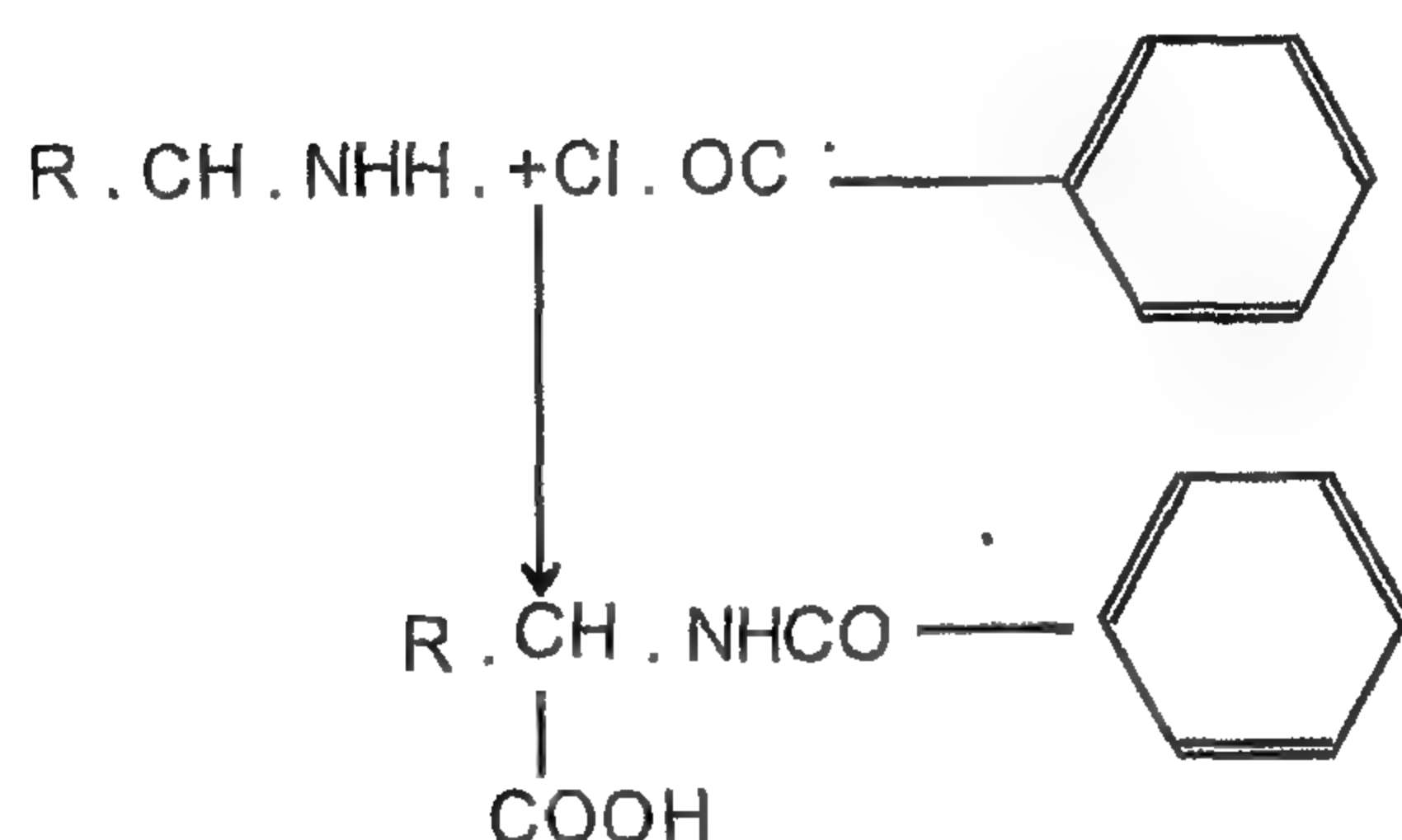
الفصل الثالث: الأحماض الامينية

ب - بنزلة الأحماض الامينية

Benzoylation

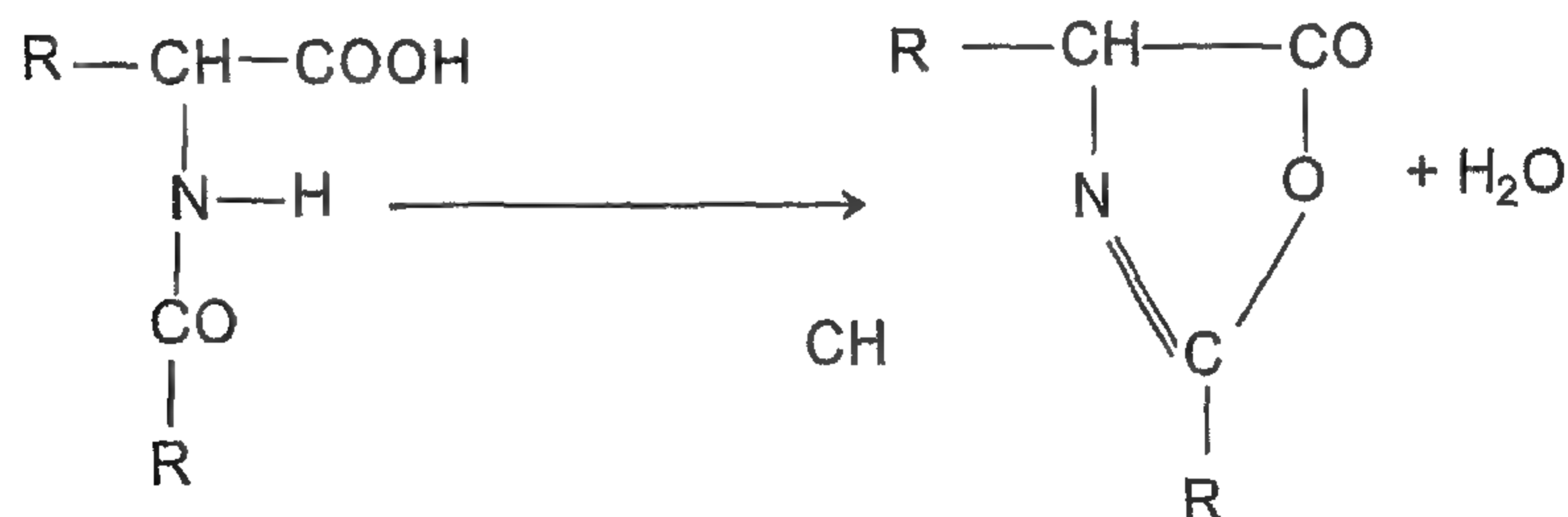


Benzyl chloride



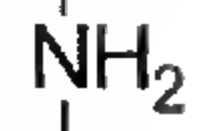
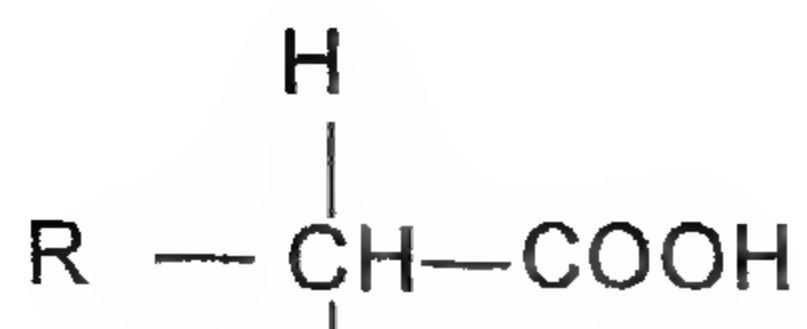
وعند إذابة الأحماض الامينية الاسيلية في حامض الكبرتيك تتكون
مركبات

، azlactones ، N-acyl amino acid ، Benzyl amino acids
oxazolones

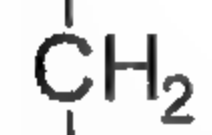
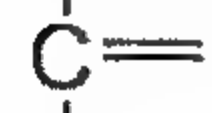
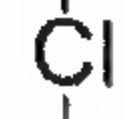


ومن أكثر المواد استعمالا للمحافظة على مجموعة الأمين الـ Benzyl
chlorocarbonate والذي يكون بعد تفاعلة مع مجموعة الأمين الـ carbonyl

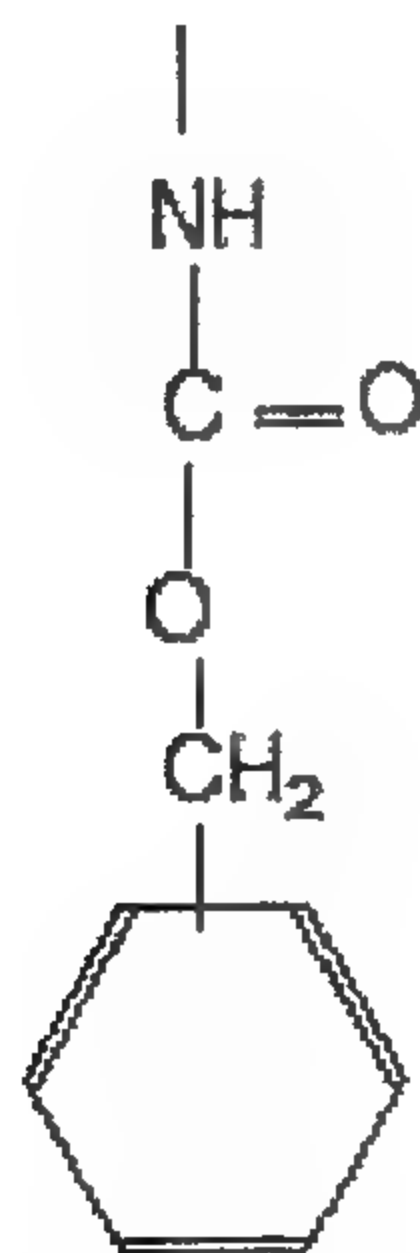
Benzyloxy



Benzyl chlorocarbonate

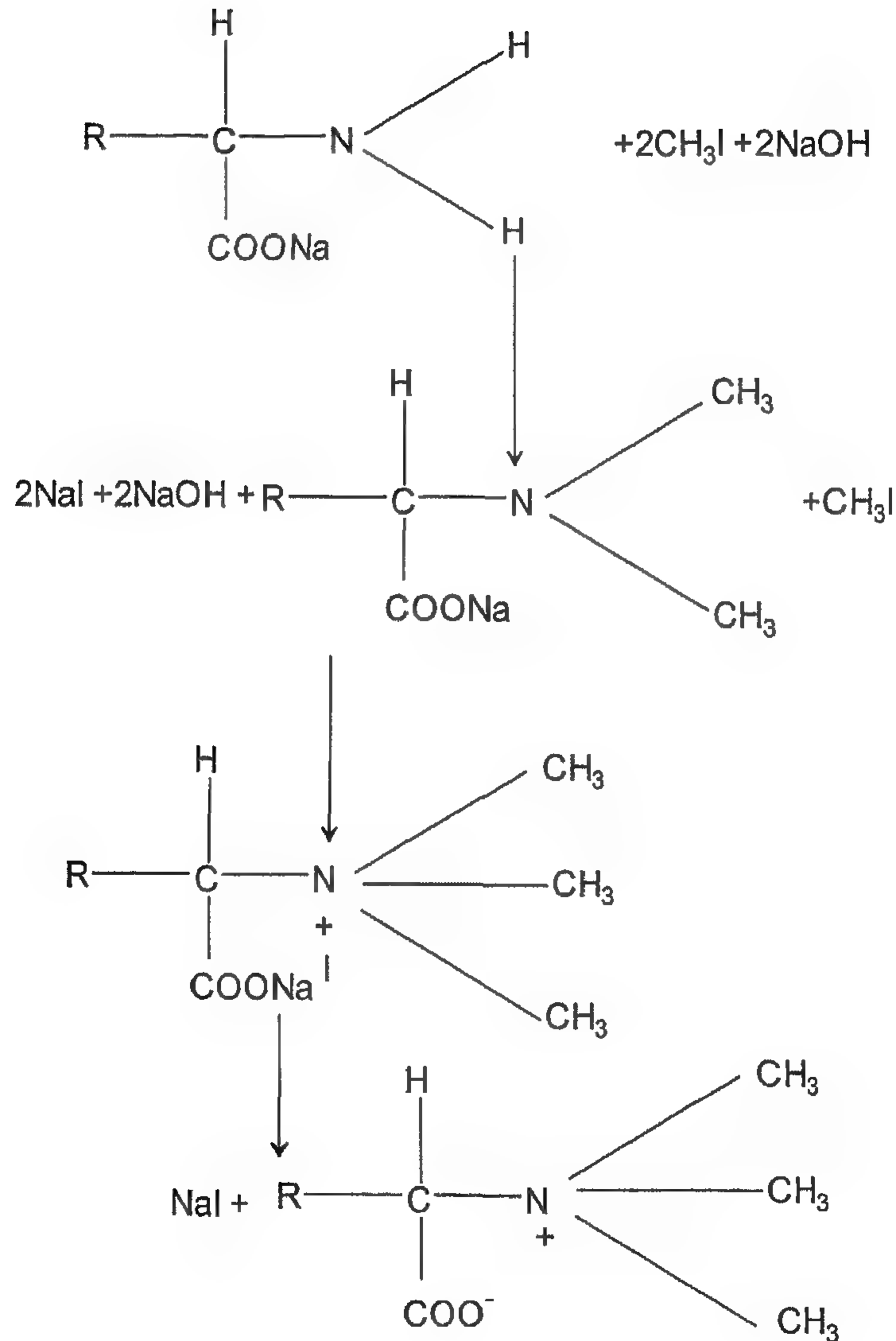


Benzyloxy carbonyl (carbobenzoxyl)



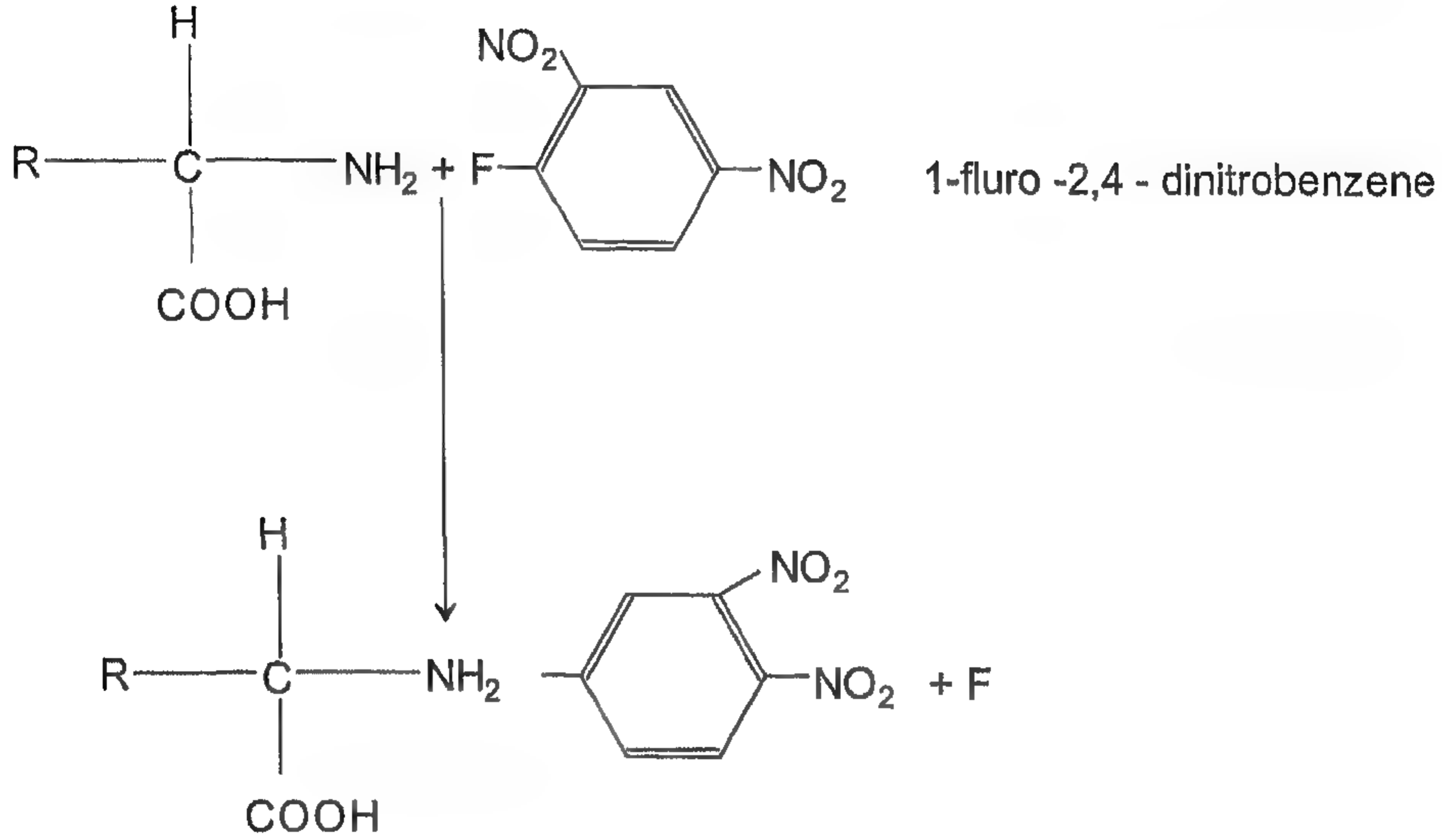
3 -ميثلة الأحماض الامينية Methylation of amino acids

يحدث هذا التفاعل باستعمال مصدر مثيلي مثل Methyl iodide أو Dimethylsulfate في محلول قاعدي ويمكن توضيح هذا التفاعل بالمعادلات التالية :



4 - مع مادة Sanger

تتفاعل مع مجموعة الأمين في درجة الحرارة العادية وفي وسط قلوي ضعيف مكونة DNP-amino acid FDNB Dinitrophenylamino ذات اللون الأصفر المقاومة للتحليل المائي



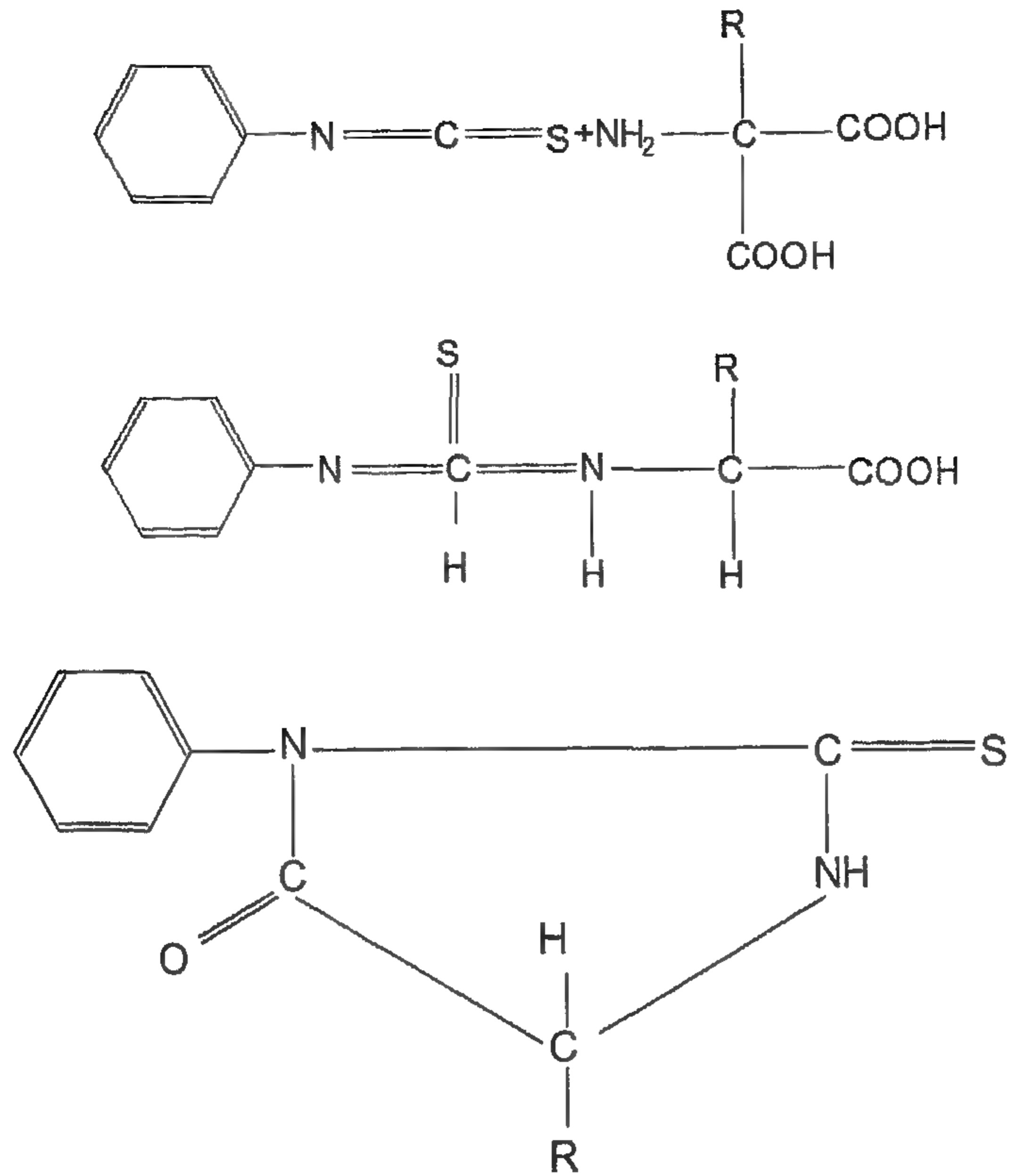
dinitrophenylamino acids(DNP amino acid)

يستعمل هذا التفاعل لمعرفة الحمض الأميني الموجود في النهاية النتروجينية (N-terminal).

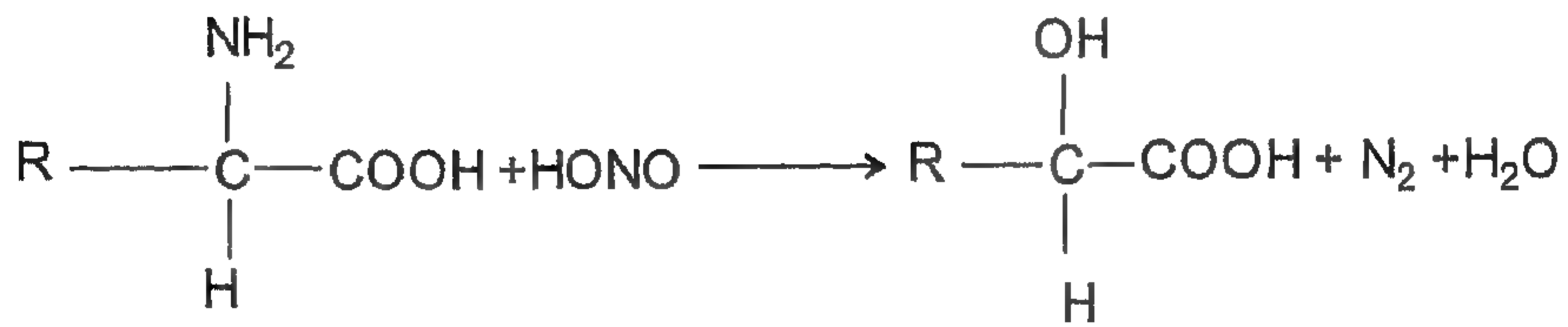
5 - تفاعل

يتفاعل Phenyl isothiocyanate مع $\alpha - \text{NH}_2$ في وسط قاعدي مكونا phenyl thiohydantion .

الفصل الثالث: الاحماض الامينية



3 - مع حمض النتروز Nitrous acid



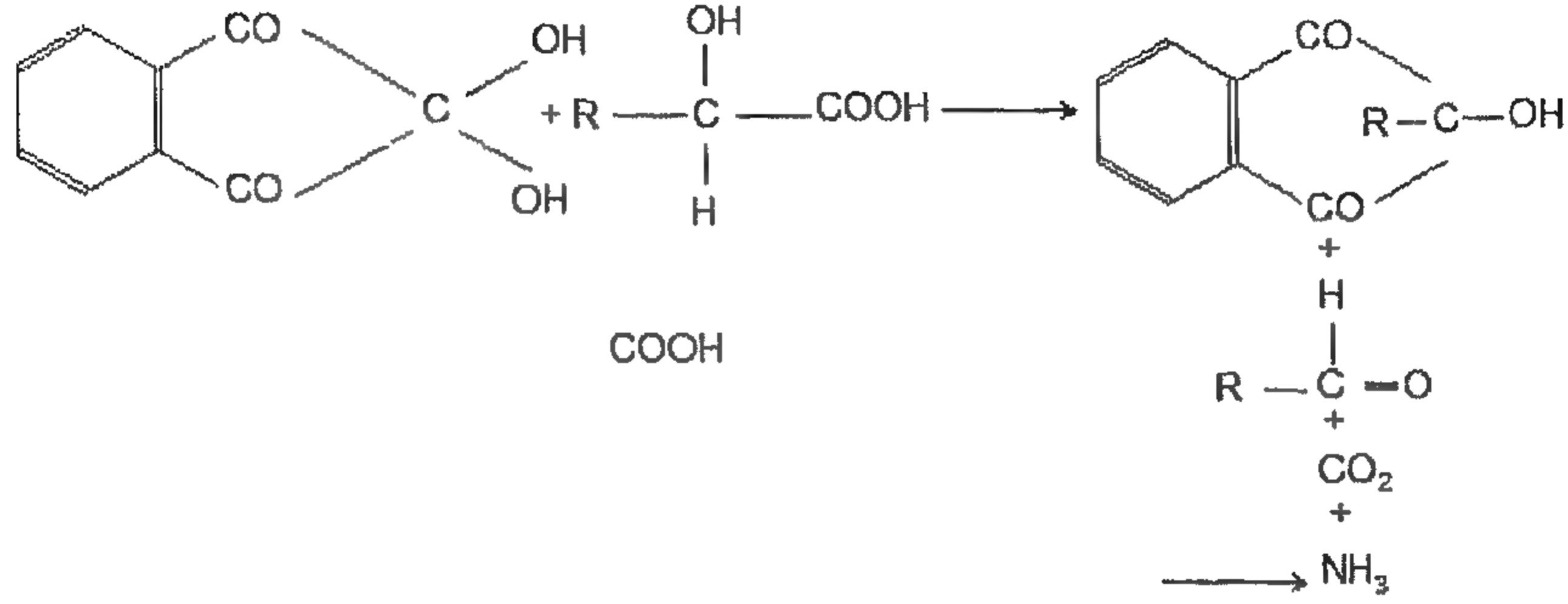
ويسمى تفاعل Vanslyke والذي يكون على اثره الهيدروكسي مع النتروجين والأخير يمكن قياسه لمعرفة عدد مجاميع الأمين الموجودة في المركب .

4 - مع الـ Ninhydrin

يتطلب لحدوث هذا التفاعل وجود حامض أميني يحمل مجموعة أمين منفردة في الموقع ألفا مع مجموعة كاربوكسيل منفردة لذلك ينتج من هذا

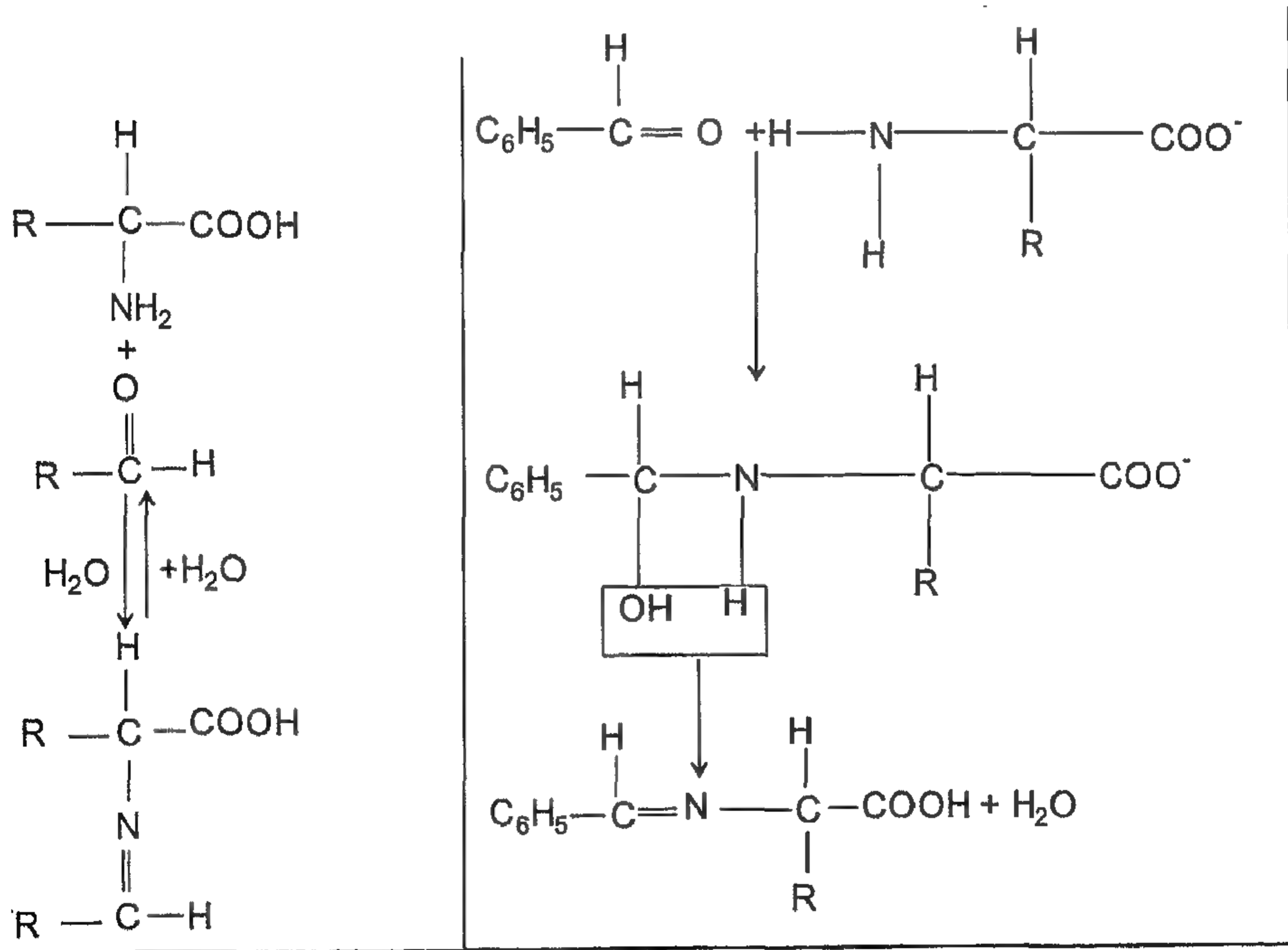
مبادئ الكيمياء الحياتية

التفاعل ثنائي اوكسيد الكربون CO_2 ، الامونيا ويتفاعل الأخير مع Ninhydrin مكونا مركبا لونه ازرق أو بنفسجي ، و ثم تقدير هذه الأحماض كميًا بتقدير CO_2 المتصاعد او اللون البنفسجي .



5 - تكوين القواعد Schiff

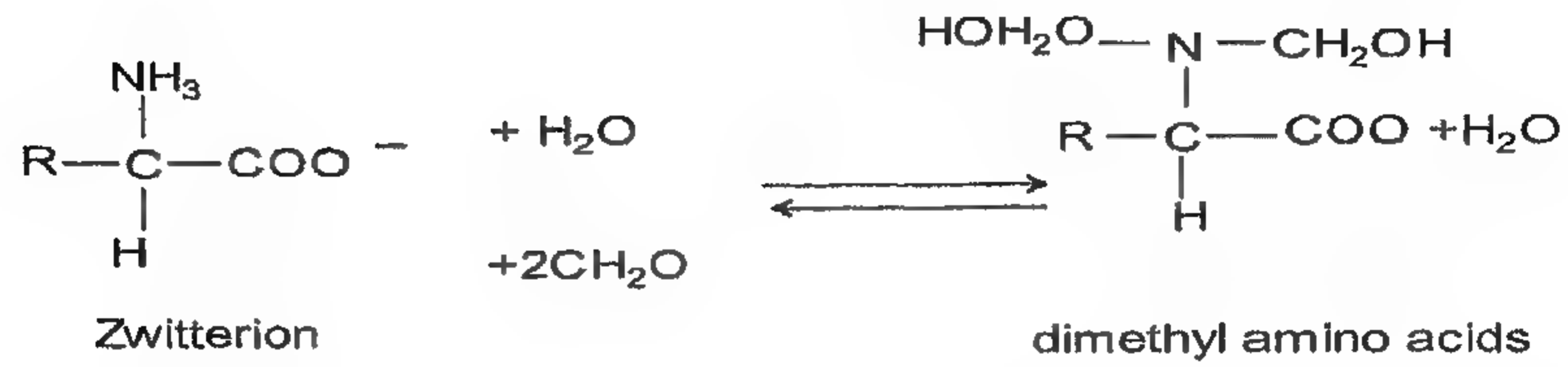
تتفاعل الالديهايدات الاروماتية مع الأحماض الامينية في محيط قاعدي مكونا (قواعد شيف) كما هو مبين في أدناه:



الفصل الثالث: الاحماض الامينية

(6) مع الفورمالديهايد dimethylol amion acids

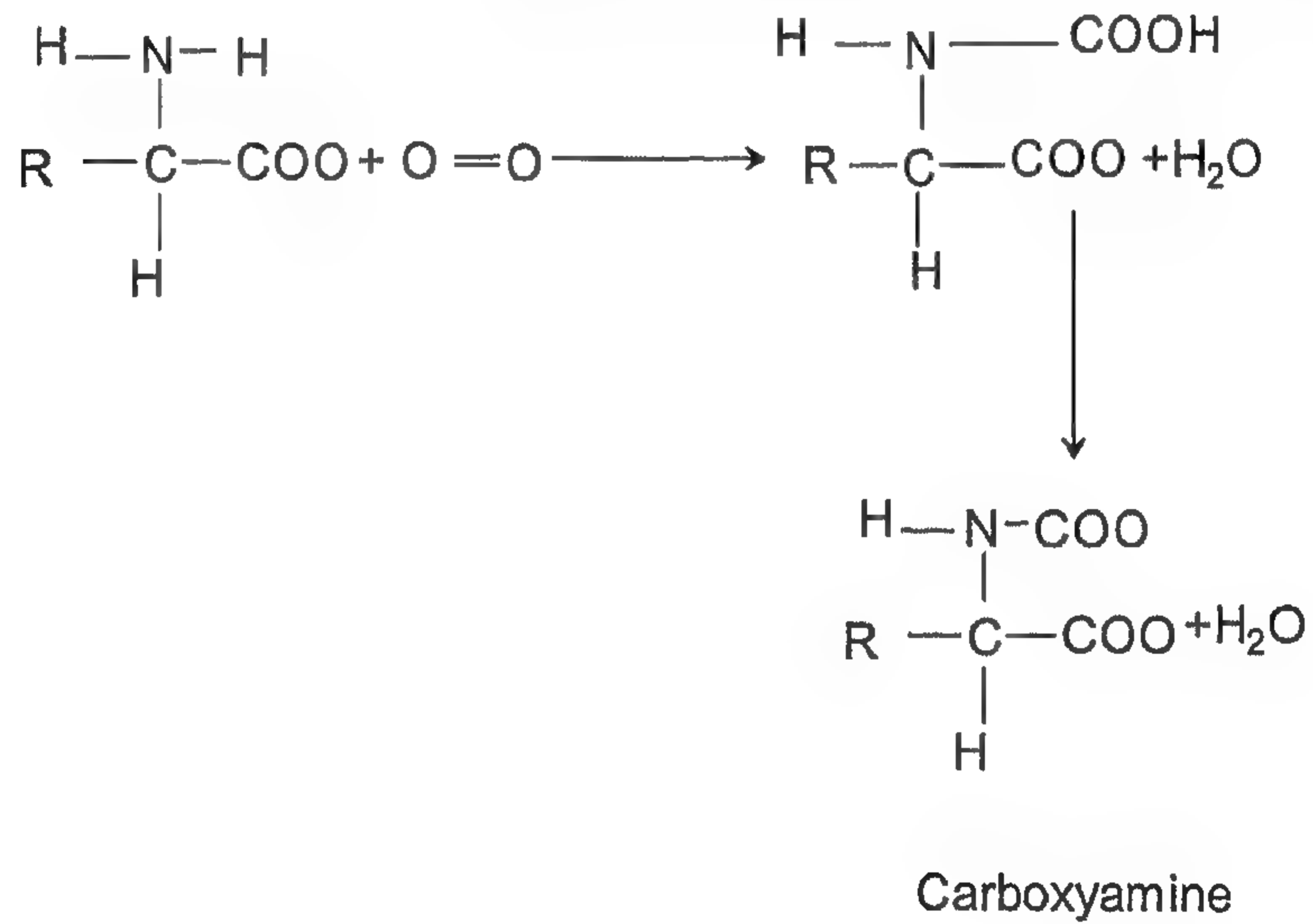
تضاف الفورمالديهايد إلى المجموعة الامينية مكونة



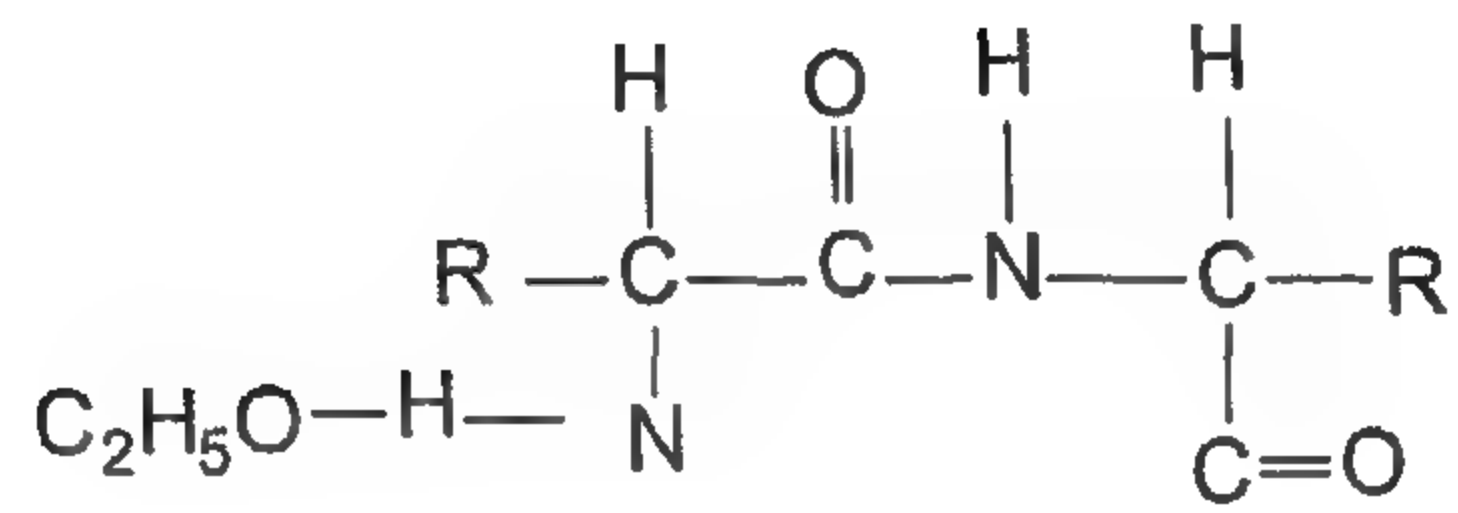
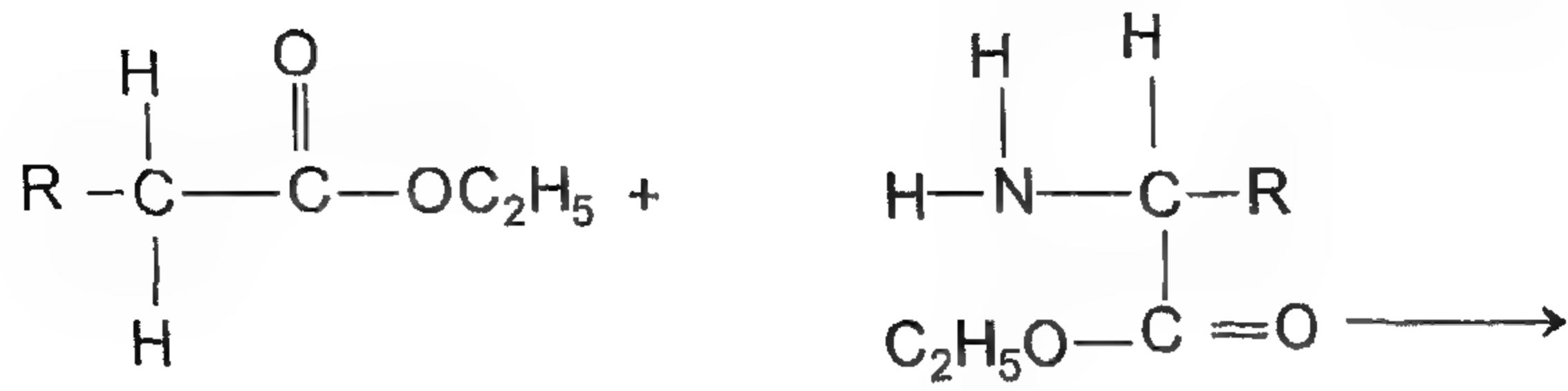
(7) مع ثاني اوكسيد الكربون

عندما يمر ثاني اوكسيد الكربون في محيط قاعدي للحمض الاميني

مكون الحامض carbamino أو carboxyamine



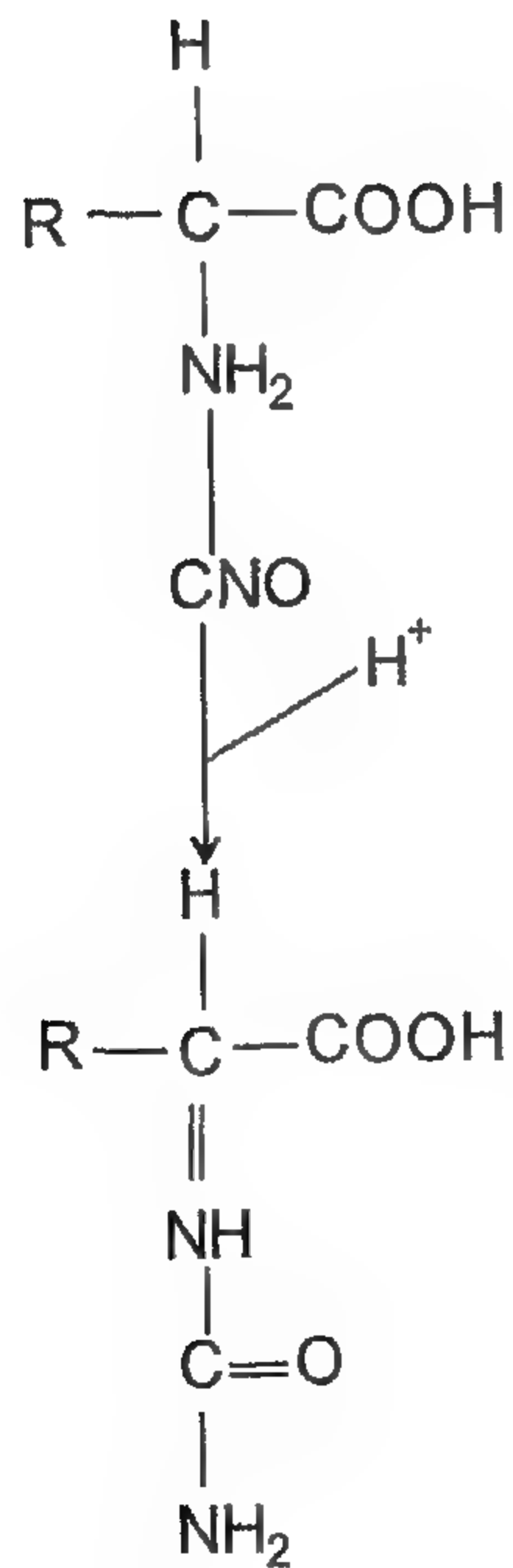
(8) تكوين Diketopiperazines



Diketopiperazines

(9) تفاعل الأحماض الأمينية مع الـ Cyanate

أيون السيانات



Carbamoyloamino

د - الصفات الفيزيائية للأحماض الامينية

1 -قابلية الذوبان

يمكن تقسيم الأحماض الامينية حسب قابلية ذوبانها في الماء إلى :

1 -سريعة الذوبان في الماء

2 -الأحماض التي لا تذوب أو قليلة الذوبان في الكحول

3 -غير ذائبة في الايثر

1 -الأحماض السريعة الذوبان في الماء

مثل الكلايسين الالنين وغالبية الأحماض الامينية ماعدا التايروسين الذي يذوب قليلا في الماء البارد وأكثر إذابة في الماء الساخن الذي يذوب بصعوبة في الماء الساخن والبارد .

2 -الأحماض الامينية التي تذوب في الكحول

مثل البرولين ، والهيدروكسي برولين ولا تذوب باقي الأحماض الامينية في الكحولات وتختلف درجة ذوبان الأحماض الامينية وأملاحها فلا يذوب في الكحول المطلق إلا البرولين ، أما الكحول البيوتيلي فتذوب فيه الأحماض الامينية المتعادلة .

1 -تذوب الأحماض الامينية بصورة عامة في الأحماض المخففة والقواعد

المخففة والتي فيها تتكون الأملاح لهذه الأحماض فالتايروسين قليل الذوبان في الأحماض المخففة ، أما الـ Cystine فيذوب في المحاليل المركزة للأحماض المعدنية مثل HCl.

2 -درجة الانصهار Melting point :تمتلك الأحماض الامينية درجات

انصهار عالية من 200م أو في بعض الحالات اكبر من 300م°.

3 -المذاق :تقسم الأحماض الامينية حسب مذاقها إلى :

1)الأحماض الامينية عديمة الطعم .

(2) الأحماض الامينية الحلوة .

(3) الأحماض الامينية المرة .

فالأحماض الحلوة هي, Proline, OH, Serine, Tryptophan, Glycine, Histidine Valine, alanine,

أما عديمة الطعم فمثالها الليوسين، بينما Isoleucine الأرجين مرة المذاق .

4 - اللون : الأحماض الامينية مركبات عديمة اللون عندما تكون نقية .

5 - الشكل : توجد هذه الأحماض بشكل بلورات مميزة .

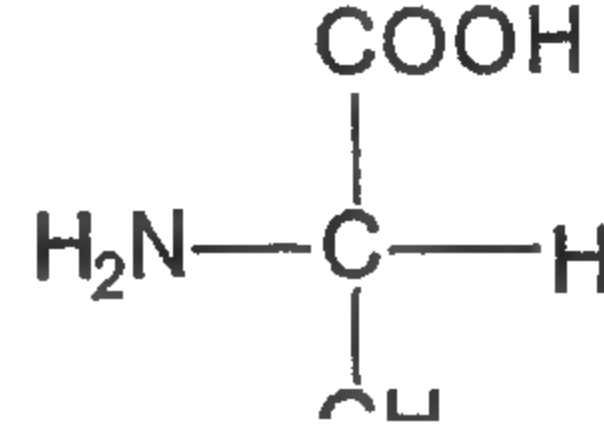
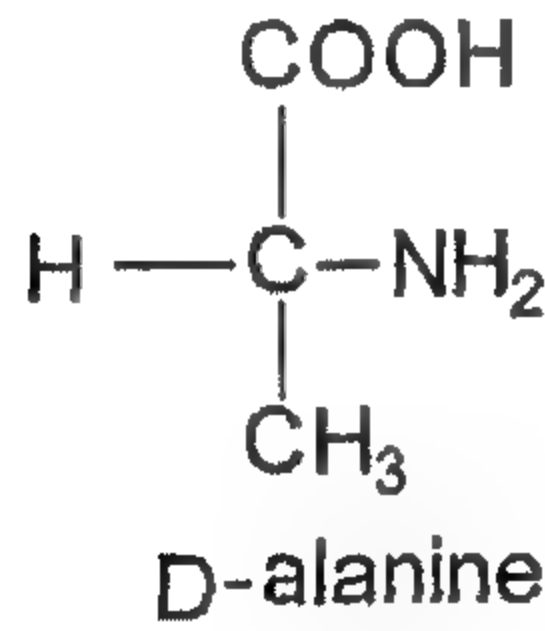
6 - النشاط الضوئي للأحماض الامينية : لجميع الأحماض الامينية نشاط

ضوئي ماعدا الكلايسين ويعود هذا النشاط إلى وجود ذرة الكربون

غير المتماثلة في تركيبها بينما لا يمتلك الكلايسين ذرة كربون غير

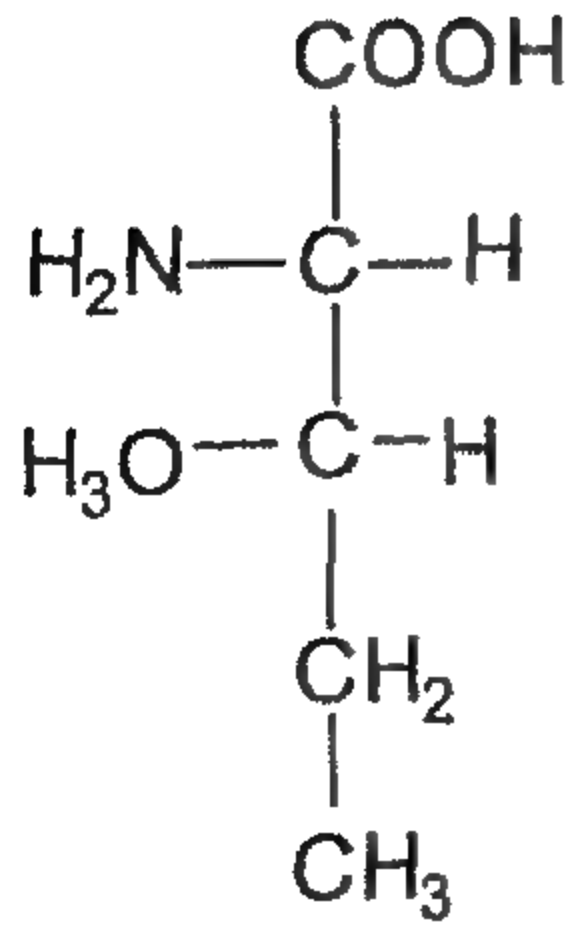
متماثلة. توجد هذه الأحماض بشكلين L,D والطبيعية منها توجد

بشكل L أما التي تحضر كيميائيا فهي خليط من النوعين D,L.

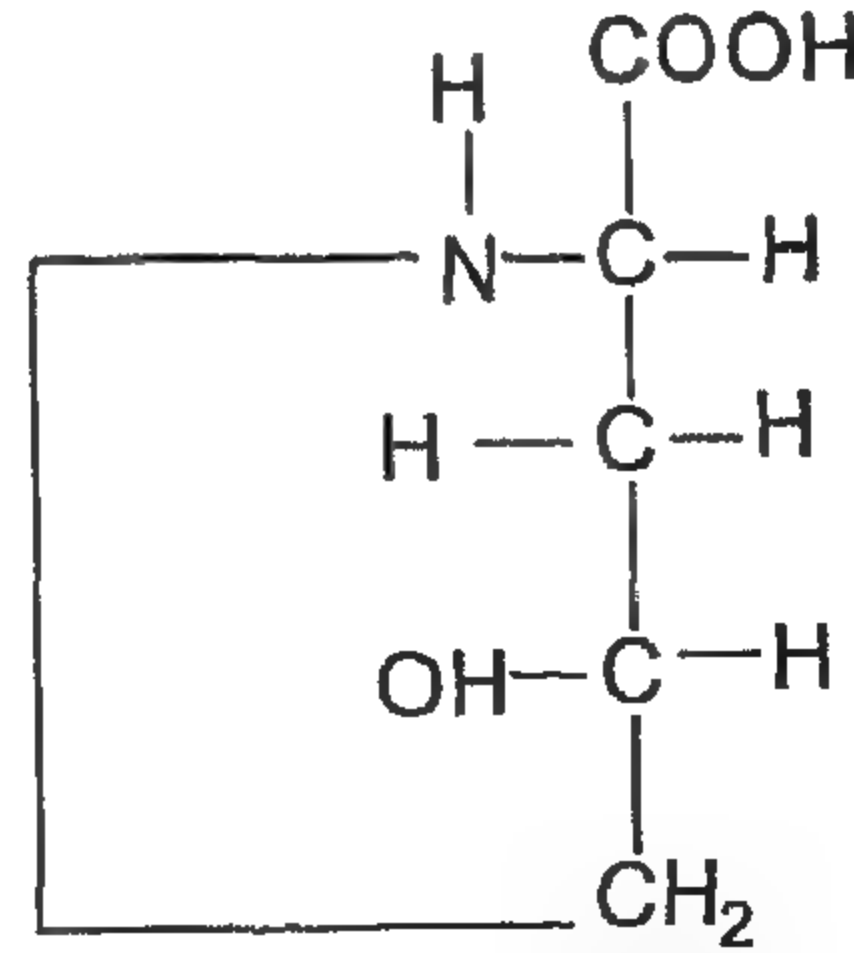


Please R

ذرة كربون غير متماثلة واحدة



L - ISOleucine



L-OH Proline

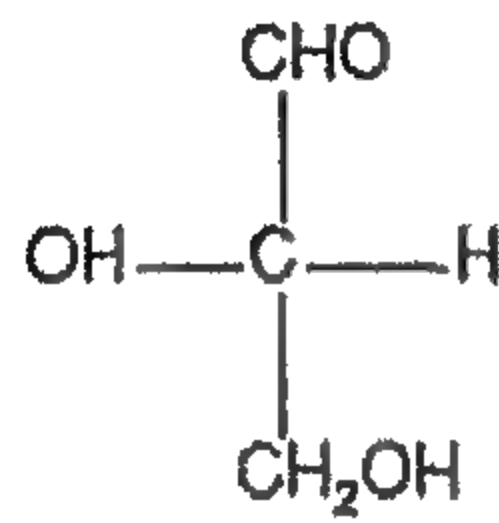
2 من ذرات كاربون غير متماثلة

تمتلك بعض الأحماض الأمينية على ذرتين كاربون غير متماثلة مثل :

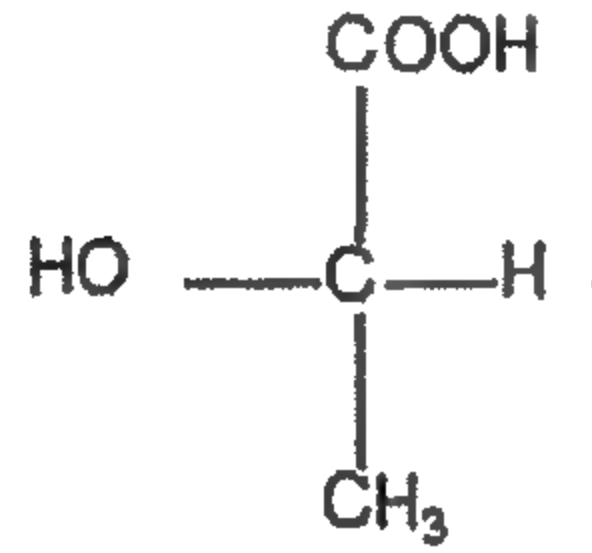
Threonine, OHcysine, OHproline, Isoleucine

تمتلك جميع الأحماض البروتينية نفس الوضعية المطلقة التي يملكها

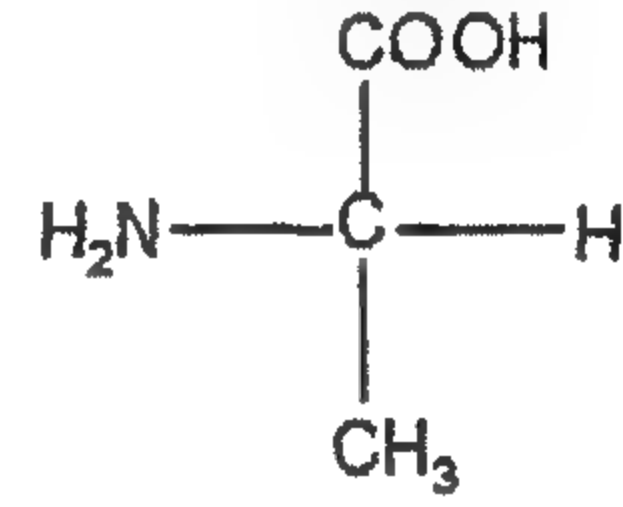
الحامض L-alanine المتشابهة مع L-Glyceraldehyde.



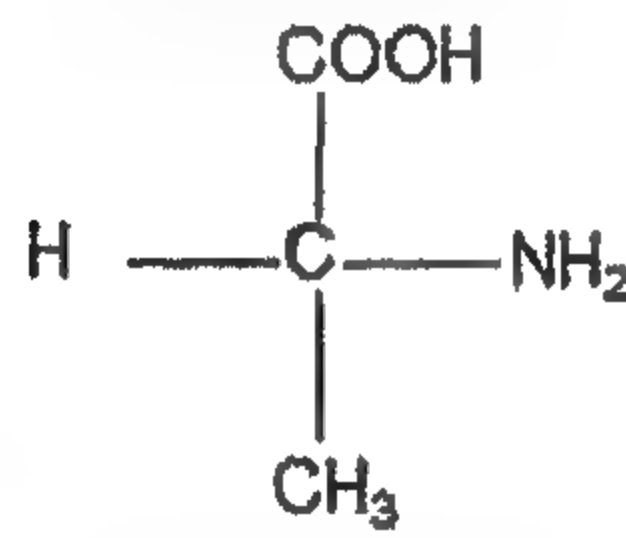
L -Glyceraldehyde



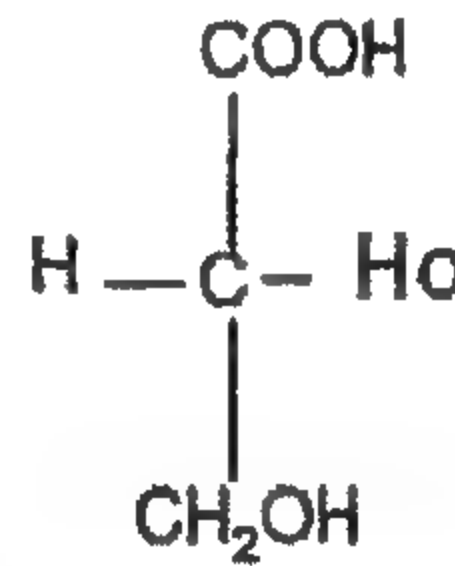
L -Laticid



L -alanine



D -alanine



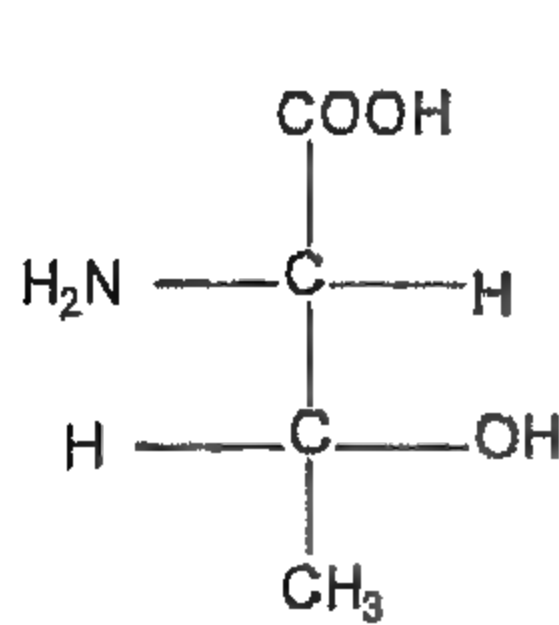
D - Glyceraldehyde

ونظرا لاحتواء OHlysine , threonine, Isoleucine cystine على

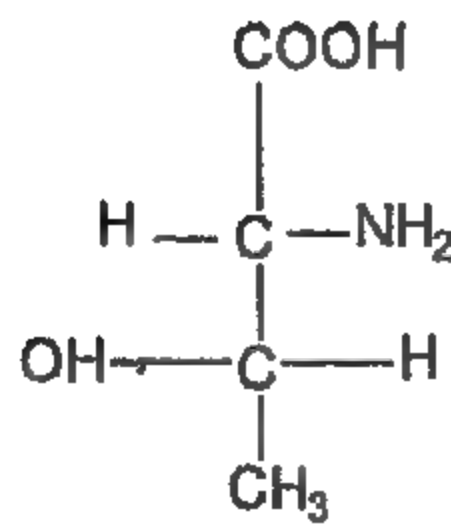
مركزين نشطين ضوئيا لذا فان المركب الذي يتركب كيميائيا عبارة عن

خليط من المتشابهات الثنائية Diastereo isomers اثنان منهما تسمى بـ L,D

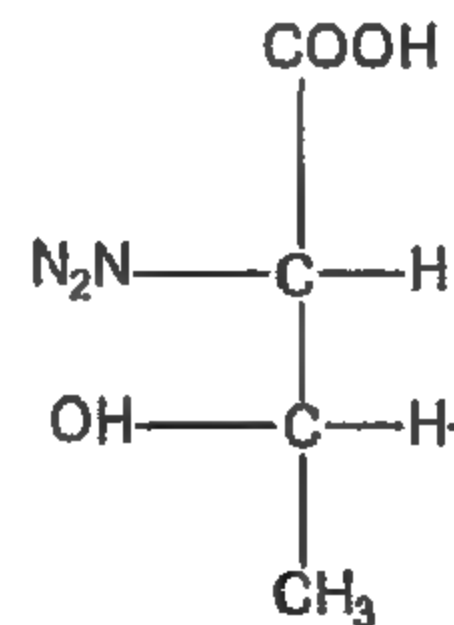
والآخران D-Allo و L-allo



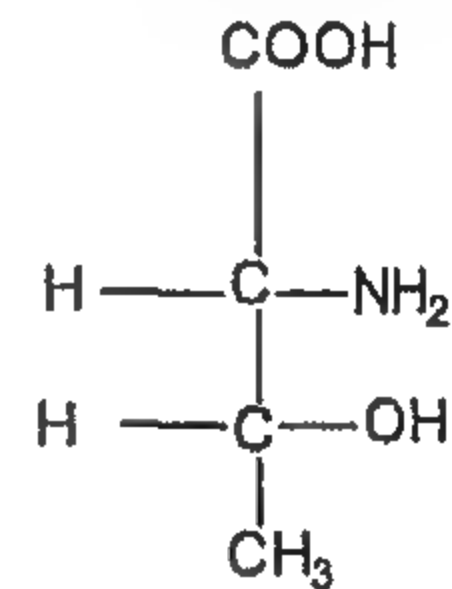
L -threonine



D -threonine

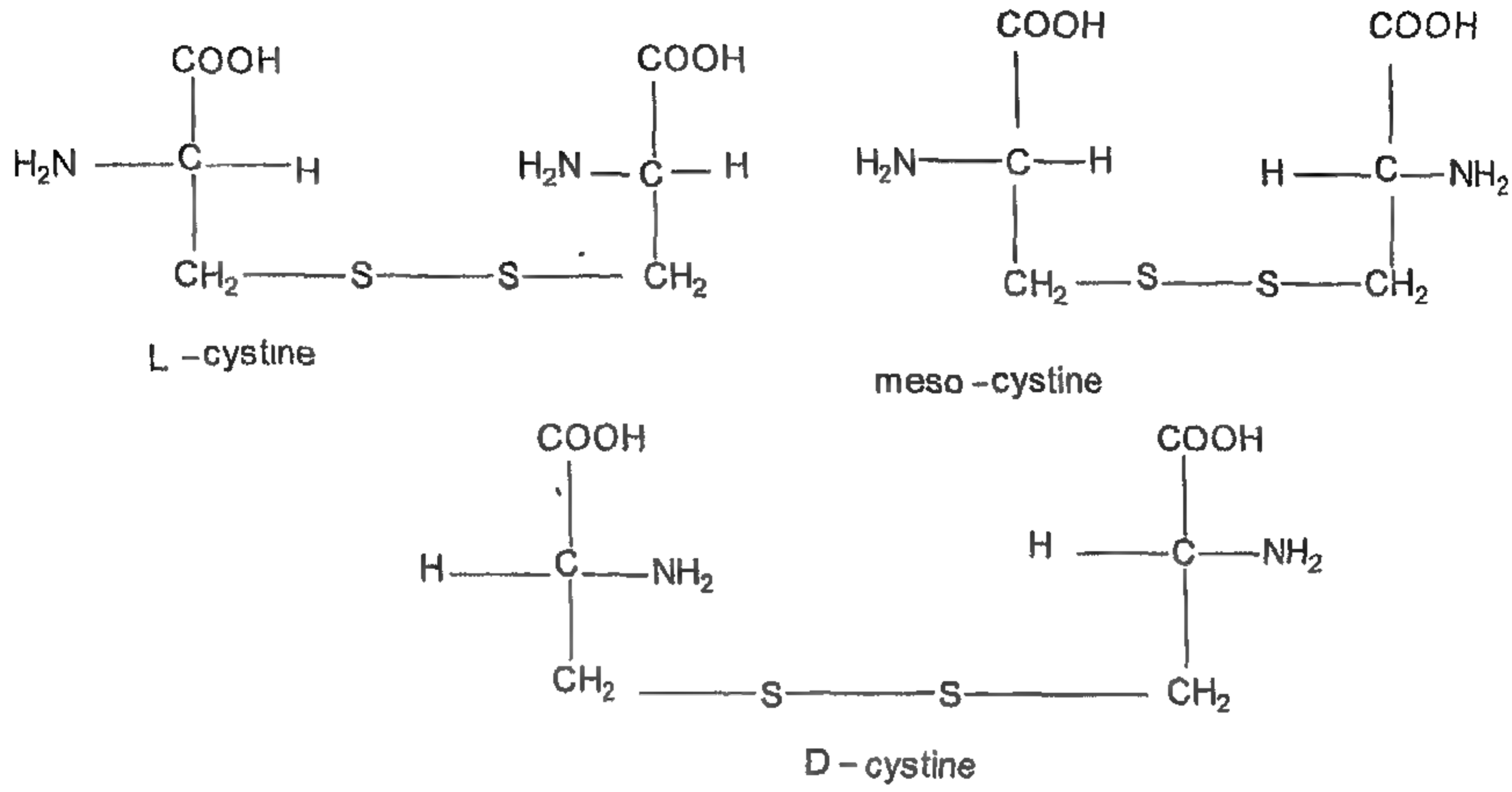


L -Allo threonine



D-ALlo theronine

مبادئ الكيمياء الحياتية



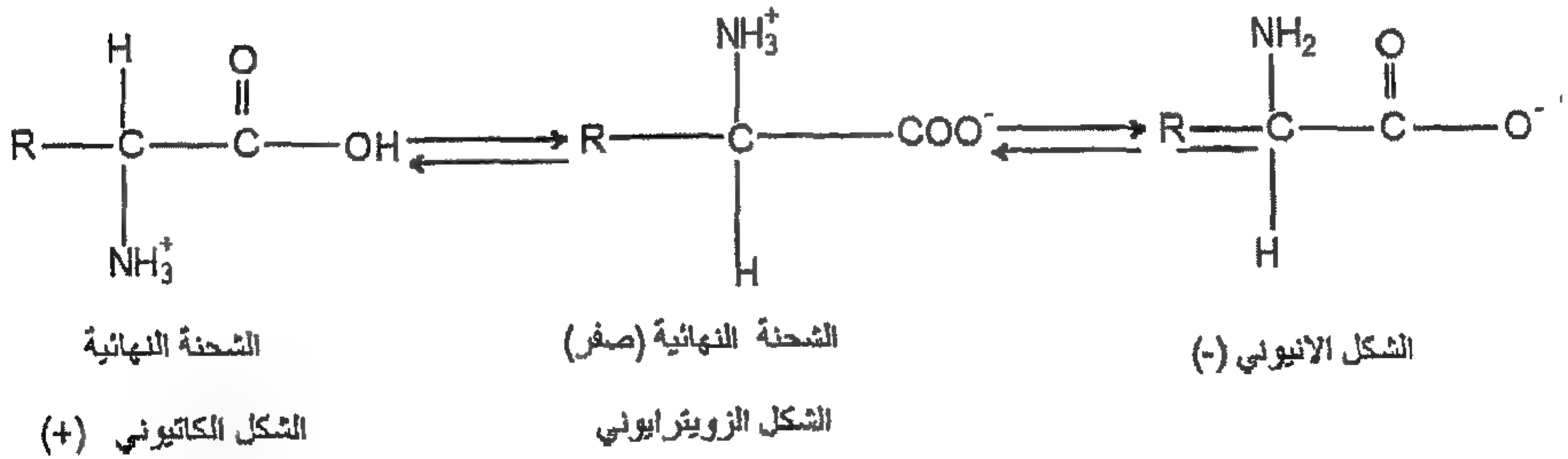
7 - الخواص الحامضية والقاعدية للأحماض الامينية

تمتلك الأحماض الامينية الخواص الامفوتيرية لاحتوائها على مجاميع حامضية ومجاميع قاعدية أي أنها تتصرف كحامض أو قاعدة إضافة إلى ذلك فكل حامض اميني يمكن أن يظهر بأشكال متعددة على درجة الأس الهيدروجيني (PH) وبصورة عامة فهناك ثلاث إشكال :

أ - الشكل الانبوني Anionic form

ب - الشكل الكاتيوني Cationic form

ج - الشكل الزويترايوني Zwitterionic form



وتصبح الشحنة الموجبة في الوسط الحامضي ، أما الوسط القاعدي فتكون سالبة وفي درجة الأس الهيدروجيني الذي يولد شحنة يسمى متعادلة بـ pI يكون

الفصل الثالث: الأحماض الامينية

بشكل زويترايوني zwitterionic درجة التعادل الأيوني isoelectric point وهي تلك النقطة التي لا ينجذب فيها الايون لأي من القطبين

$$PI = \frac{PK_1 + PK_2}{2}$$

وتتفاوت الإشكال التي ذكرناها وتعتمد على المجاميع التي تحملها هذه الأحماض وعلى ثوابت التأين لهذه المجاميع كما هي موضحة في الجدول التالي (4,8).

ويتضح من الجدول أن لكل حامض أميني عدد من المجاميع يختلف عن غيرها حيث تتفاوت هذه المجاميع بدرجات تأينها وبالتالي فالصورة الفيزيائية لكل حامض يختلف عن الآخر.

جدول (4,8) العلاقة بين تأين المجاميع النشطة في الأحماض الامينية ودرجة الأس

الهيدروجيني

مدى درجة الأس الهيدروجيني التي يحصل فيها تأين المجاميع	تأين المجاميع
2.6- 1.7	$CHCOOH \longleftrightarrow -CHCOO^- + H^+$
10.7- 8.9	$\begin{array}{ccc} CHCOOH & \longleftrightarrow & -CHCOO^- + H^+ \\ & & \\ NH_3 & & NH \end{array}$
4.3	$CH_2COOH \longleftrightarrow -CH_2COO^- + H^+$
6.1	$\begin{array}{ccc} \begin{array}{c} CH_3C-N^+ \\ \\ CH-NH \end{array} & \longleftrightarrow & -CH_2C-N^+ \\ & & \\ & & CH-NH \end{array} + H^+$

تأين المجاميع	مدى درجة الأس الهيدروجيني التي يحصل فيها تأين المجاميع
$\text{CH}_2\text{NH}_3^+ \longleftrightarrow \text{CH}_2\text{NH}_2 + \text{H}^+$	10.5
$\text{CH}_2\text{C}_6\text{H}_5\text{OH} \longleftrightarrow \text{CH}_2\text{C}_6\text{H}_5\text{O}^- + \text{H}^+$	10.1
$\text{CH}_2\text{SH} \longleftrightarrow \text{CH}_2\text{S}^- + \text{H}^+$	8.3- 8.1
$\begin{array}{c} \text{NH}_3 \\ \diagup \\ \text{CH}_2\text{NH} \\ \diagdown \\ \text{NH}_2 \end{array} \longleftrightarrow \begin{array}{c} \text{N} \\ \diagup \\ \text{CH}_2\text{NHC} \\ \diagdown \\ \text{NH}_2 \end{array} + \text{H}^+$	12.5

جدول (4,9) العلاقة بين الحمض الاميني وثابت التفكك

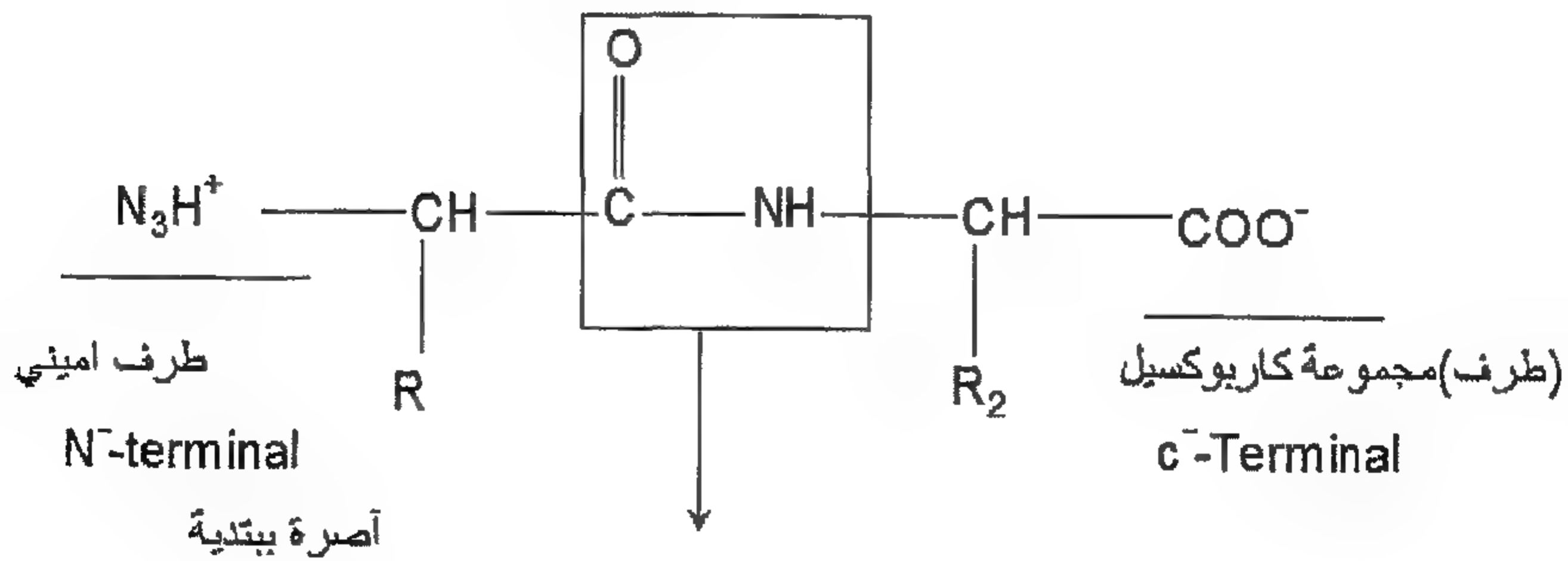
(PK)	ثابت التفكك		الحمض الاميني	
	PK2	PK1		
	9.60	2.35	Gly	الكلايسين
	9.69	2.34	Ala	النين
	9.15	2.21	Ser	سيرين
10.28	8.18	1.96	Cys	سيسيتين
	9.21	2.28	Met	ميثايونين
	9.62	2.32	Val	فالين
	9.60	2.36	Leu	ليوسين
	9.68	2.36	Ile	ايسوليوسين
10.1	9.1	2.20	Tyr	تايروسين
	9.39	2.8	Phe	فينيل الانين
	10.60	2.38	Trp	تريتوفان
	9.73	2.00	Pro	برولين
	9.73	2.00	Hyp	هيدروكسي برولين

الفصل الثالث: الأحماض الامينية

(PK)	ثابت التفكك		الحامض الاميني	
PK3	PK2	PK1		
	4.28	1.92	Glu	كلوتاميك
9.66	3.87	2.19	Asp	اسبارتيك
9.82	6.10	2.09	His	هستدين
9.28	8.95	1.77	Lys	اللابسين
10.53	9.04	2.18	Arg	ارجنين
12.48	10.4	2.02	Thr	ثريونين
	9.13	2.63	Gln	كلوتامين
	8.80	2.02	Asn	اسبارجين

الببتيدات Peptides

ترتبط الأحماض الامينية مع بعضها بواسطة أواصر تسمى الأواصر الببتيدية peptide bonds وهي تلك الأصرة المتكونة ما بين مجموعة الكربوكسيل للحامض الاميني الأول مع مجموعة الأمين للحامض الاميني الآخر مع طرح جزيئة ماء والأصرة الببتيدية آصرة صلبة وقوية لها خواص الأصرة التساهمية ويمكن إيضاح ذلك كما هو مبين أدناه:

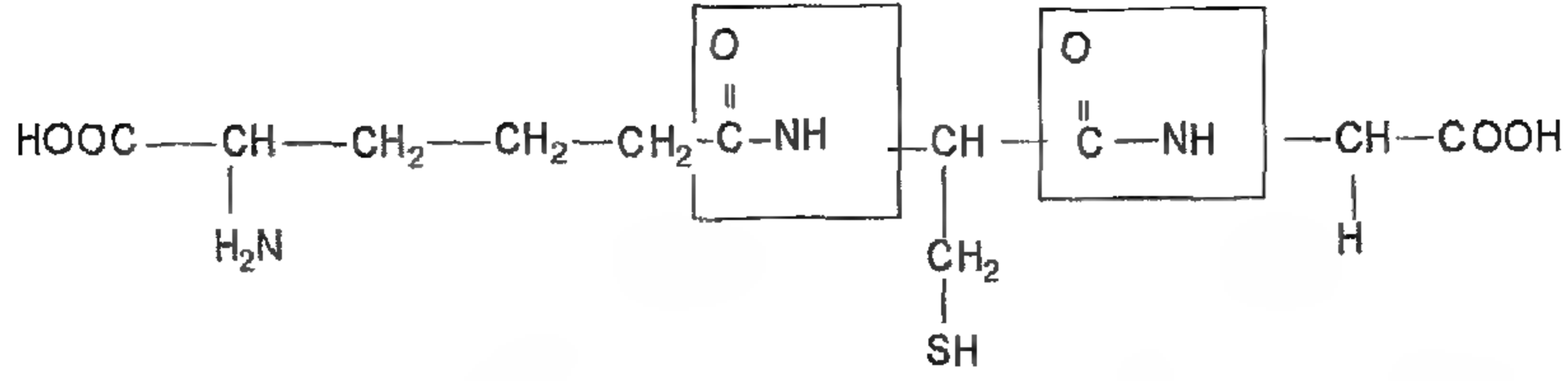


أن الببتيدة المتكونة من حامضين امينين تسمى بالببتيدة الثنائية dipeptide أما المتكونة من ثلاثة أحماض امينية فتسمى Tripeptide أما المتكونة من أربعة أحماض امينية فتسمى Tetrapeptide وهكذا فإن الببتيدة المتكونة من 10 - 2 امينية تسمى بـ oligopeptides كما هي الحالة في الكربوهيدرات عندما يدخل في تركيبها 2 - 10 وحدات سكر أحادي. أما إذا كانت عدد الأحماض الداخلة في تركيب الببتيدة أكثر من (10) فتسمى في هذه الحالة poly peptides تنتهي السلسلة الببتيدية عادة من الطرف الأيسر بمجموعة أمين حرة N-terminal بينما تنتهي عند الطرف الأيمن بمجموعة كربوكسيل حرة وتسمى carboxyl terminal يطلق عادة على متعدد الببتيد الذي يحوي عادة على أكثر من 50 حامض أميني بالبروتين protein أي أن البروتين هو عبارة عن بوليمرات الأحماض الامينية polymer of amino acids .

هناك بعض الببتيدات فعالة فسيولوجيا مثل الببتيدة الثلاثية (Glutathione) والتي تتكون من الأحماض الامينية (-cysteine- glutamic y glycine) حيث يكون وجود الكلوتاثيون ضروريا لعمل العديد من الأنزيمات وكذلك لعمل الانسولين كما يعتقد بأنه يعمل كمادة مضادة للتأكسد antioxidant أما ببتيدي الـ vasopressin, oxytocin واللذان تفرزان من الفص الخلفي للغدة النخامية وتعملان كهرومونات تتكون كل منهما من ستة أحماض امينية أي أنهما oligopeptides يعمل الـ oxytocine على تقلص العضلات الملساء بينما يعمل vasopressin على تقلص الأوعية يرمز للكلوتاثيون GSH.

هناك نظام خاص يعتمد في تسمية الببتيدة حيث يستبدل الحرفان Y1 بدلا من الحرفين الأخيرين في اسم الحامض عدا الحامض الأخير الذي يحتفظ باسمه الاعتيادي كما هو موضح في التركيب الكيميائي لببتيدة الكلوتاثيون .

الفصل الثالث: الأحماض الامينية



كلوتاثيون (yglutamyl -cysteiny - glycine)

في الببتيدات الأخرى Bradyinin والذي يتكون من تسعة أحماض امينية كذلك Gramicidine والذي يتكون من عشرة أحماض امينية ينتج من الفطر و يقوم بوظيفة المضاد الحيوي .

البروتينات proteins

تشكل البروتينات حوالي 50% من وزن الخلية الجافة وتحتوي الخلية الحية حوالي 5000 نوع من البروتينات المختلفة حيث تشارك في عمليات البناء والهدم metabolism في الخلية الحية وفي بناء أنسجة الجسم كما تعمل كإنزيمات و هرمونات معينة وكذلك كمكونات رئيسية في الدم كما تعمل كمصدر للطاقة وكذلك وسيلة دفاعية في حماية الجسم من غزو البكتريا . تصنع البروتينات بواسطة خلايا النبات من CO_2 و H_2O وذلك من خلال عملية التركيب الضوئي وعمليات أخرى لم تفهم لحد الآن ويستطيع الحيوان تكوين كميات محددة من البروتين من مصادر غير عضوية بينما يعتمد على النبات او على الحيوان آخر للحصول على غذائه من البروتين .

أن معظم البروتينات الموجودة في الطبيعة تحوي خمسة عناصر مختلفة وهي S,N,O,H,C أما العناصر الأخرى مثل الفسفور واليود والحديد فان وجودها ضروري في بروتينات متخصصة معينة مثل كازئين الحليب وان معدل النسب المثوية للعناصر الخمسة التي تدخل في تركيب البروتينات وجدت كالآتي : -
 كربون 53% وأوكسجين نسبة 23% و نيتروجين 16% وهيدروجين 7% وكبريت نسبة 1% .

التنظيمات البنائية التركيبية للبروتين

تمتلك جزيئات البروتين تنظيمات تركيبية معينة وهذه تشمل التركيب الأولي primary structure و التركيب الثانوي secondary structure و الثالثي tertiary structure و الرابعي Quarternary structure .

1 - التركيب الأولي primary structure : - أن الأصرة الببتيدية هي الأصرة الوحيدة التي تشترك في التركيب الأولي والذي يشير إلى انتظام الأحماض الامينية في السلسلة أو لسلاسل الببتيدية التي تؤلف ذلك البروتين ويتطابق عادة تسلسل الأحماض الامينية لجزيئات أي بروتين معين في النوع الواحد من الكائنات الحية.

2 - التركيب الثانوي secondary structure : - يشير هذا النوع إلى كيفية التواء وانطواء سلسلة او سلاسل ببتيدية للبروتينات في الحالة الطبيعية على امتداد محور واحد وان هذا الالتواء تقوم بتثبيته الأواصر الهيدروجينية والأواصر ثنائية الكبريت disulfide bonds وان التركيب الثانوي للبروتين يتمثل بالأنواع المختلفة آلاية : -

أ - المنحنى الحلزوني - ألفا $\alpha - helix$

حيث أن هذا التركيب يتمثل في بناء البروتين اليفي المسمى $\alpha - keratin$.

ب - الصفائح المسطحة pleated sheet

يتمثل هذا التركيب في بناء البروتين اليفي fibrin وهو البروتين اليفي للحرير .

ج - منحنى الحلزون الثلاثي triple helix

يتمثل هذا التركيب في بناء البروتين اليفي كولاجين حيث تلتوي ثلاث سلاسل من متعدد الببتيد حول بعضها لتكون منحينا حلوزنيا ثلاثيا .

الفصل الثالث: الأحماض الأمينية

- 3 - التركيب الثلاثي tertiary structure : - يمثل هذا التركيب الشكل الثلاثي الأبعاد للبروتين الكروي ويتوضح في التفافات أخرى إضافة لالتفاتات البناء الثانوي وعلى امتداد أكثر من محور واحد لسلاسل متعدد الببتيد المكونة لجزيئة البروتين .
- أن الأواصر والقوى التي تحافظ على التركيب الثانوي والثلاثي للبروتين هي : -

1. الأواصر الهيدروجينية Hydrogen bonds التي تتكون من مجموعات الكربوكسيل والأمين وخاصة للأحماض الأميني Glu, و Asp
2. الأواصر الأيونية او ما تسمى بالمحبة مابين الأحماض الأمينية القاعدية مثل Arg, Lys و/الحامضية Glu, Asp
3. الأواصر ثنائية الكبريت Disulfide bonds في الأحماض الأمينية الكبريتيدية cystine
4. أواصر الأحماض الأمينية الكارهة للماء Hydrophobic bonds للأحماض الأمينية الكارهة للماء مثل Leu, Val, Ile, phe
5. قوى فاندرفال Vander walles forces وهي قوى تظهر عندما تتقارب الجزيئات بمسافة قليلة تصل إلى عدة انكسترومات (الانكستروم 10^{-8} سم)

- 4 - التركيب الرابعي للبروتين Quaternary structure : - يشير هذا التركيب إلى الطريقة التي تنظم (تتلاءم) فيها عدد من السلاسل الببتيدية مع بعضها لتكوين وحدة كبيرة لجزيئة بروتين معين فجزيئة الهيموغلوبين مثلا تتكون من أربعة سلاسل ببتيدية اثنان من نوع α واثنان من نوع β وهذه السلاسل الأربعة تنظم مع بعضها

بطريقة معينة لتكون جزيئة هيموغلوبين كاملة .وتحافظ على هذا التركيب نفس الأواصر الموجودة في التركيب الثالثي والتي ذكرت انفا .

الدنترة (المسخ) Denaturation

هي عملية التغير في جوهر جزيئة البروتين أو تغير الحالة الطبيعية للبروتين native بحيث يتحول إلى الحالة المفككة أو المبعثرة inative حيث تتغير الخواص الفيزيائية والبايولوجية ويحدث التغير في التركيبين الثانوي والثالثي ولا يتأثر التركيب الأولي أي السلاسل الببتيدية وتحدث هذه الحالة عندما تتعرض جزيئة البروتين في محاليلها إلى محيط حامضي أو قاعدي أو عند الرج والتحريك المستمر أو التعرض إلى درجة حرارة عالية أكثر من 50 درجة مئوية أو وجود مواد مختزلة ومنظفات ومذيبات عضوية أو التعرض للأشعة السينية والضوء أن هذه العوامل جميعا تؤدي إلى فقدان البروتين لوظيفته الحيوية وهذه العوامل تعمل على كسر أو انفلاق الأواصر الهيدروجينية والأواصر ثنائية الكبريت مما يجعل جزيئة البروتين تفقد بنائها الطبيعي . والمثال الشائع على عملية الدنترة هو البيض المسلوق والدم المتخثر

أهم التغيرات التي تطرأ على البروتين المسوخ

- 1 -انخفاض قابلية الذوبان
- 2 -انفكك طيات سلاسل متعددة الببتيد
- 3 -سهولة التحلل بواسطة الأنزيمات
- 4 -فقدان الفعالية البايولوجية

وبصورة عامة فان المسخ حالة غير عكسية (irreversible) وهناك حالات استثنائية مثل أنزيم Ribo nuclease حيث يسترجع تركيبه وفعاليته البايولوجية عند الـ (7) ph في درجة حرارة الغرفة ويعد المسخ مهم من الناحية الطبية

والغذائية فعلى سبيل المثال تقدير أنزيم GpT, GOT وأنزيمات الدم الأخرى تتطلب الاهتمام الكامل بعملية جمعها حيث أن إهمال العينات قد يؤدي إلى مسخ البروتين والنتائج تكون خاطئة .

تصنيف البروتينات classification of proteins

يمكن تصنيف البروتينات على أساس تركيبها الكيميائي إلى :

أ.بروتينات بسيطة simple protein

ب.بروتينات مقترنة conjugated protein

والبروتينات البسيطة هي البروتينات التي عند تحليلها لا تنتج إلا أحماض امينية أو مشتقاتها تشمل البروتينات البسيطة ما يلي : -

1. البروتامينات :وهي بروتينات ذات وزن جزيئي منخفض تحتوي بشكل رئيسي على الأحماض الامينية القاعدية مثل الأرجنين تذوب في الماء ولا تتأثر بالحرارة من الأمثلة على هذا النوع من البروتينات هو بروتين السالمين في سمك السالمون .

2. الهستونات :وهي بروتينات قاعدية أيضا وهي لا تحتوي على الحامض الاميني تربتوفان من الأمثلة عليها هي الهستونات النووية .

3. الالبومينات Albumins تذوب في الماء وتتأثر بالحرارة من الأمثلة عليها مصل البومين البيض .

4. الكلوبيولينات :تكون غنية بالحامض الامينين كلوتاميك واسبارتك وتنتشر بشكل كبير في السوائل البايولوجية كالدم والمصل وهي مثل مايوسين العضلات وكلوبيولين البيض

5. الكلوتيولينات :تكون غنية بالأحماض الامينية الكلوماتيك والأرجنين والبرولين توجد بشكل خاص في الحبوب ومن الأمثلة عليها كلوتين طحين الحنطة .

6. السكروبروتينات: هي البروتينات ذات التركيب الليفي مثل الكيراتين والكولاجين والايلاستين

ب.بروتينات مقترنة conjugated protein .

تدعى أيضا بالبروتينات غير المتجانسة وهي بروتينات تتألف من سلسلة أو سلاسل متعدد الببتيد مع مركبات ذات طبيعة كيميائية مختلفة مثل السكريات والليبيدات والمعادنالخ وتشمل الأنواع التالية :

1. الفوسفوبروتينات مثل كازئين الحليب

2. الكلايكوبروتين: وهي بروتينات غير متجانسة تتكون من اتحاد السكر مع جزء بروتيني ومن الأمثلة عليها هي الفاكلايكوبروتين لبلازما الدم .

3. الكروموبروتينات وتشمل الصبغات التنفسية مثل الهيموغلوبين وهيموسيانين وكذلك الساييتوكروومات إضافة إلى صبغة العين (رودبسين)

4. الليبوبروتينات .

5. البروتينات النووية .

الفصل الرابع

الليبيدات (الدهون)



مبادئ الكيمياء الحياتية

الفصل الرابع

الليبيدات (الدهون) Lipids

هي عبارة عن مركبات عضوية غير ذائبة بالماء إلا أنها تذوب في المذيبات اللاقطبية مثل الايثر والكلوروفورم والكحول والبنزين .

تعد الليبيدات مركبات ثنائية الميل Amphiles حيث أنها تحتوي على مجموعات أيونية أي قطبية محبة للماء Hydrophilic ومجموعات هيدروكاربونية لا قطبية غير محبة للماء Hydrophobic

تعد الليبيدات المصدر الغني بالطاقة في الخلايا الحية إضافة إلى أهميتها الغذائية أيضا لكونها تحتوي على الأحماض الدهنية الأساسية كذلك تعتبر مصدرا للهرمونات كالهرمونات الذكرية والانثوية هذا إضافة إلى أن الفيتامينات الذائبة بالدهن تعتبر من مشتقات الدهون مثل فيتامين K,E,D,A كذلك تعتبر الدهون عازلا حراريا في الجسم وخاصة في الأنسجة تحت الجلد وحول بعض الأعضاء مثل الكلى . كما أن الدهون تعد عناصر تركيبية رئيسية للأغشية الخلوية وتكون الدهون عادة مرتبطة مع مركبات أخرى مثل البروتينات والكاربوهيدرات ولا توجد بصورة حرة . وتنتشر الدهون في جميع الكائنات الحية وتكثر في البذور النباتية

تصنيف الليبيدات Classification of Lipids

يمكن تصنيف الليبيدات (الدهون) إلى سبعة أصناف رئيسية وهي :

1. الدهون المتعادلة Natural Lipids
2. الدهون المفسفرة phospho Lipids
3. الدهون الإسفنجية sphingo Lipids
4. الدهون السكرية Glyco Lipids

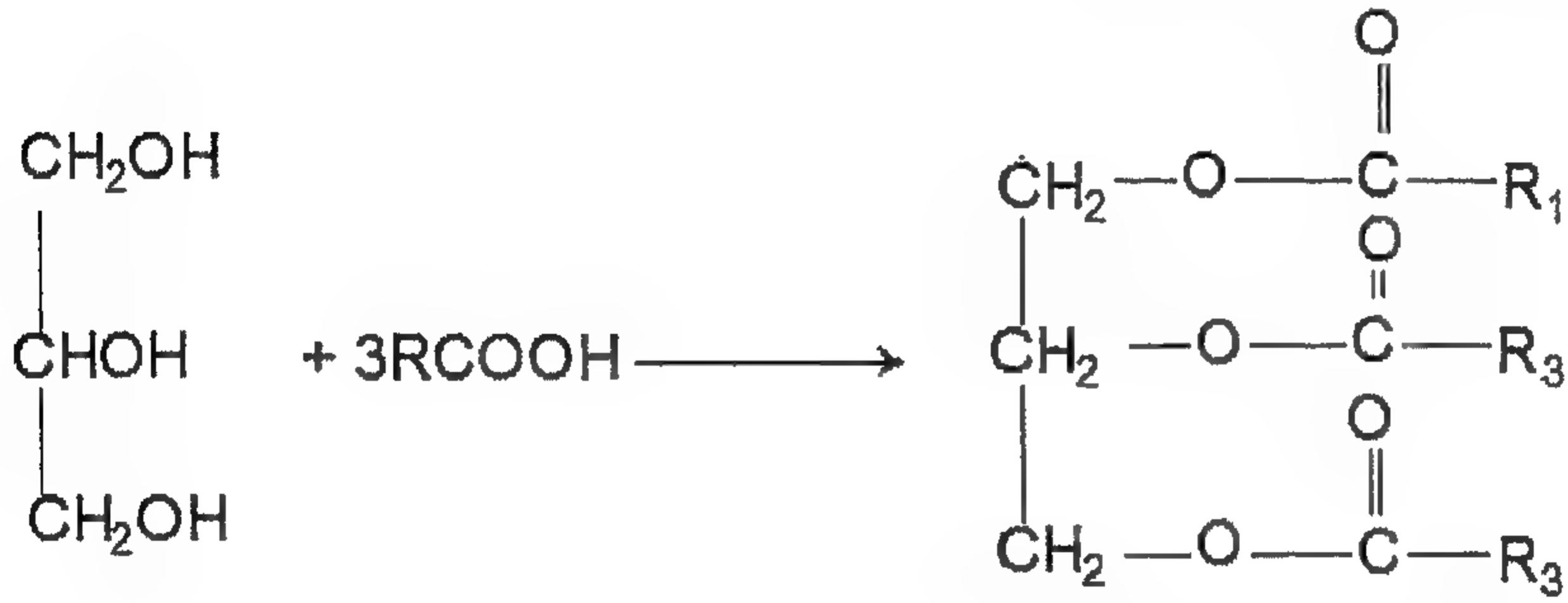
5. الشموع waxes

6. مركبات الستيرويد steroids

7. التربينات terpenes

1. الدهون المتعادلة Neutral Lipids

أو ما يسمى بالكليسيريدات الثلاثية triglycerides وهي عبارة عن أسترات الكليسرول مع الأحماض الدهنية وتسمى أيضا بثلاثي أسيل كليسرول وذلك عندما تكون مجاميع الـ (OH) الثلاثة متاسترة مع ثلاثة أحماض دهنية وكما موضح في الشكل التالي:



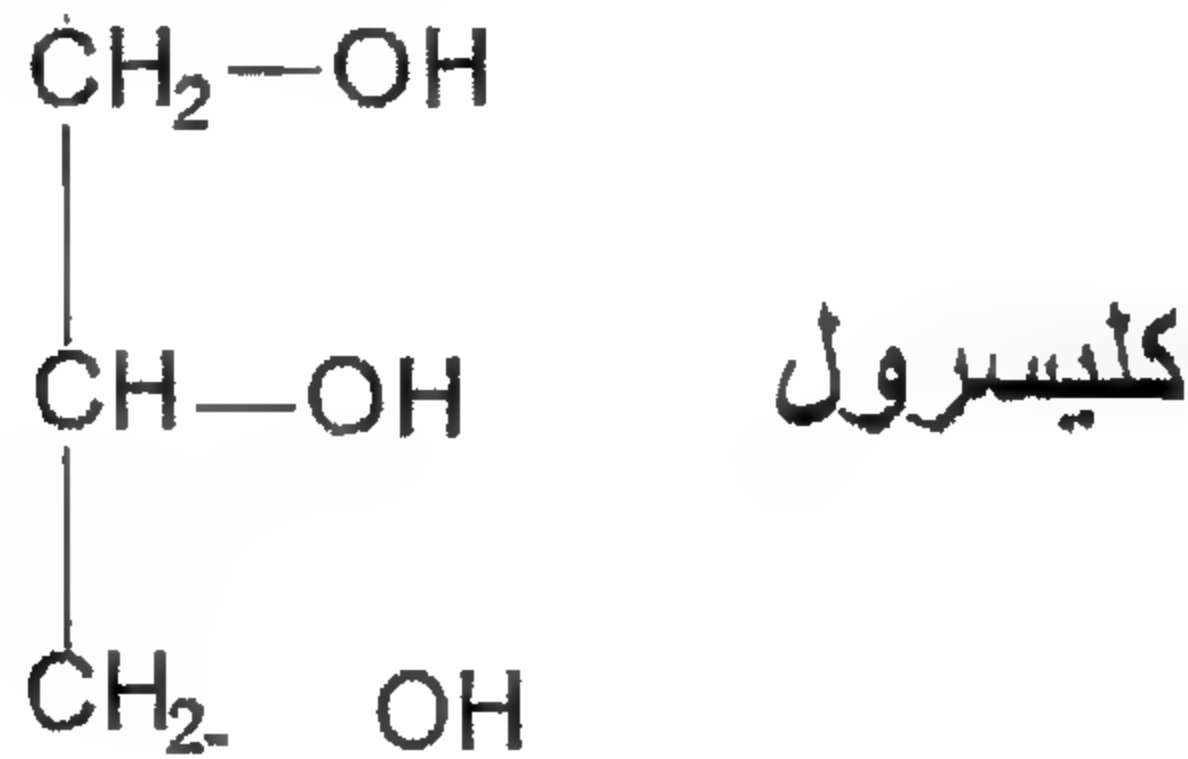
دهن متعادل Triacylglycerol

تشمل الدهون المتعادلة الزيوت والشحوم والتي تتواجد مخزونة في النباتات والحيوان وعلى الأغلب أن الشحوم (الدهون) تكون صلبة في درجة حرارة الغرفة بينما تكون الزيوت سائلة في درجة حرارة الغرفة لكونها تحتوي على نسبة عالية من الأحماض الدهنية غير المشبعة. لقد ورد ذكر الكليسرول والأحماض الدهنية في الدهون المتعادلة لذا يجب أن نتعرف على الكليسرول وعلى الأحماض الدهنية بالتفصيل .

الكليسرول : Glycerol

هو عبارة عن كحول ثلاثي الهيدروكسيل يوجد في اغلب أنواع الدهون وفي جميع الزيوت ويكون سائلا زيتي القوام قابل للامتزاج بالماء والكحول وهو عديم الذوبان بالايثر حلو المذاق يتحول بتأثير حامض النتريك والكبريتيك إلى كليسرين والذي يساعد على توسيع الشرايين ويستعمل في علاج أمراض الدورة الدموية والشرايين .

والشكل التالي يوضح التركيب الكيميائي للكليسرول



ويعتبر الكليسرول أيضا من مشتقات السكر الأحادي الالديهايدي كليسر الديهيد حيث انه يعتبر سكر كحولي.

الأحماض الدهنية Fatty acids

تعد من مشتقات الدهون لأنها تدخل في اغلب أنواع الدهون تحتوي جزيئات الأحماض الدهنية على عدد زوجي من ذرات الكاربون وهي عادة أحماض كاربوكسيلية ذات سلسلة هايدروكاربونية مستقيمة مشبعة اوغير مشبعة يعد حامض الستياريك stearic acid وحامض بالمتيك palmitic acid من أهم الأحماض الدهنية المشبعة أو ما يسمى saturated fatty acid . حيث يحتوي حامض الستياريك على (18) ذرة كاربون (c18) ويحتوي حامض البالميتيك على (16) ذرة كاربون وهما من أهم الأحماض الدهنية المشبعة ولكوتهما يدخلان في تركيب اغلب الدهون الحيوانية والنباتية وأما الأحماض الدهنية غير المشبعة هو (unsaturated f.a) فهي المكونات المميزة للزيوت وأهم أنواع الأحماض الدهنية

مبادئ الكيمياء الحياتية

غير المشبعة هو Arachidonic, linolenic, linoleic, oleic حيث يحتوي الأول على أصرة مزدوجة واحدة والثاني على أصرتين مزدوجتين والثالث على ثلاثة أواصر والرابع على أربعة أواصر مزدوجة وتكون عادة الأحماض الدهنية التي تحتوي على أكثر من أصرة مزدوجة مركبات حياتية وسطية للأحماض الدهنية الحلقية والتي تعرف بالبروستوكلاندينات prostaglandins وتحتوي البروستوكلاندينات على (20) ذرة كاربون بضمنها حلقة خماسية .

تكون الأحماض الدهنية غير المشبعة أما بالشكل المتناظر (cis) وهي الغالبة وبشكل متبادل (trans) وهي النادرة وان الأواصر المزدوجة لاتكون متصلة بل تكون منفصلة بمجموعة مثيلين (unconjugated) كما في المثال التالي $CH=CHCH_2CH=CH$

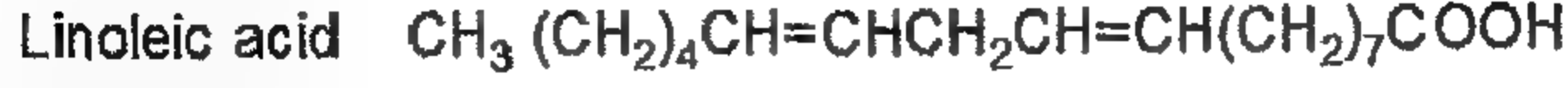
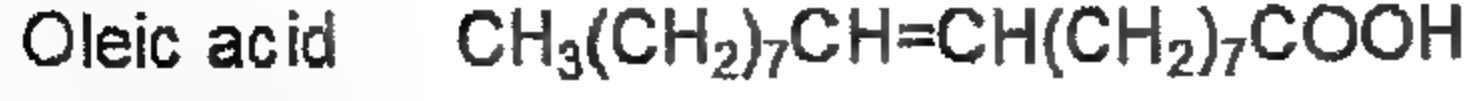
الصيغ التركيبية للأحماض الدهنية المشبعة

الاسم العام	الصيغة التركيبية
Acetic acid	CH_3COOH
Butyric acid	$CH_3(CH_2)_2COOH$
capric acid	$CH_3(CH_2)_4COOH$
caproic acid	$CH_3(CH_2)_6COOH$
caprylic acid	$CH_3(CH_2)_8COOH$
Lauric acid	$CH_3(CH_2)_{10}COOH$
Myristic acid	$CH_3(CH_2)_{12}COOH$
palmitic acid	$CH_3(CH_2)_{14}COOH$
stearic acid	$CH_3(CH_2)_{16}COOH$
Archidic acid	$CH_3(CH_2)_{18}COOH$
Behenic acid	$CH_3(CH_2)_{20}COOH$

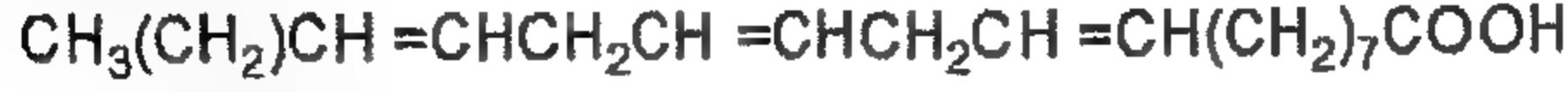
أحماض دهنية طيارة

الفصل الرابع: الليبيدات (الدهون)

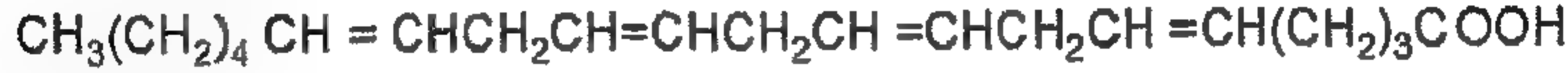
الصيغ التركيبية للأحماض الدهنية غير المشبعة



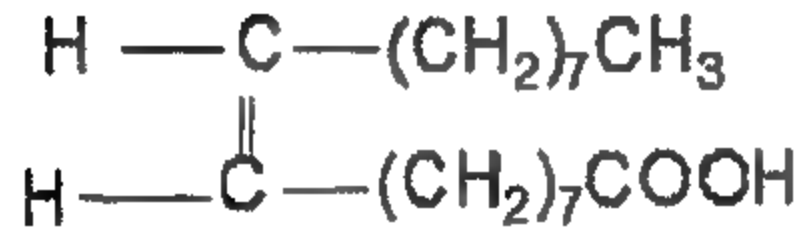
Linolenic acid



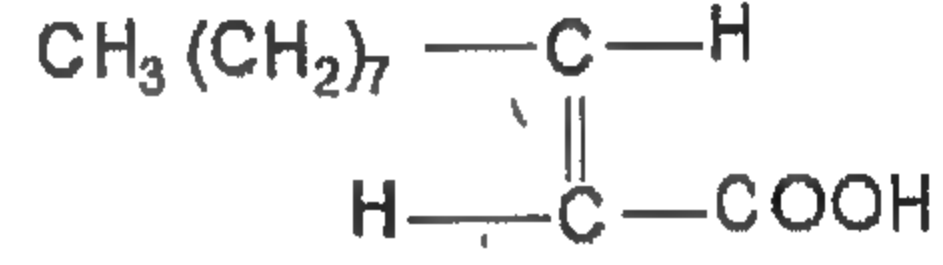
Arachidonic acid



تساهم الأواصر المزدوجة في زيادة احتمالية وجود أشكال cis, trans كما في المثال أدناه



oleic acid



Elaidic acid trans

الأحماض الدهنية غير المشبعة وعدد ذرات الكربون وعدد الأواصر

المزدوجة ومواقعها

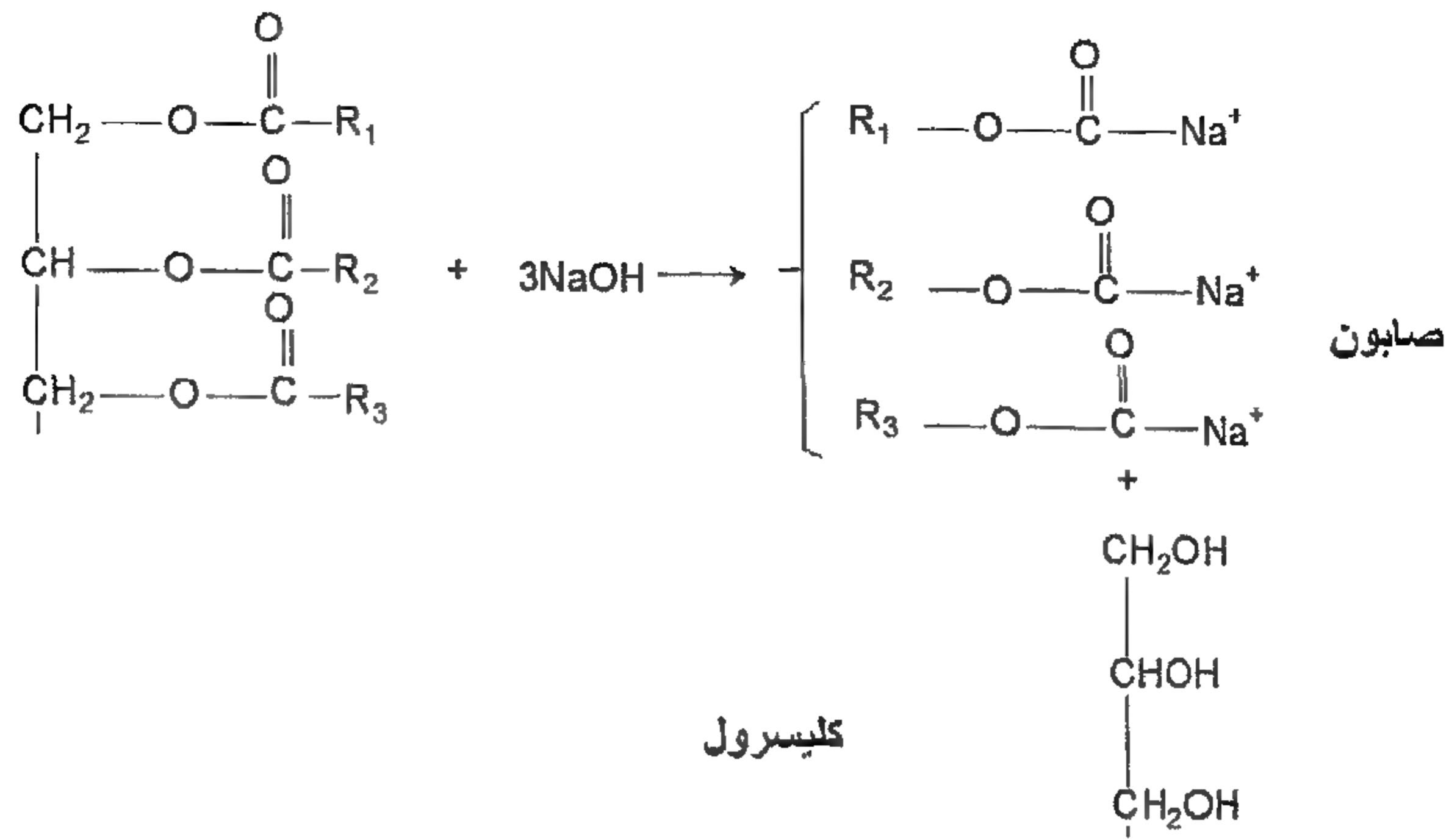
اسم الحامض الدهني	عدد ذرات الكربون	عدد الأواصر المزدوجة	مواقع الاصرة المزدوجة
Plamitoleic	16	1	$\Delta 9$
Oleic acid	18	1	$\Delta 9$
Linoleic acid	18	2	$\Delta 9,12$
Linolenic acid	18	3	$\Delta 12, 15$
Arachidonic acid	20	4	$\Delta 5, 8, 11, 14$

التفاعلات المهمة للدهون المتعادلة

1. عملية الصبونة (التصبين) saponification

يطلق على عملية تحليل الدهن المتعادل بواسطة القواعد إلى كليسرول وملح الحامض الشحمي (الدهني) بعملية الصبونة وتدعى الأملاح الناتجة بالصابون وكما موضح في التفاعل أدناه

مبادئ الكيمياء الحياتية



أن أملاح الحامض الدهني (الشحمي) لها صفات الليدات المستقطبة حيث أن هذه الجزيئات تكون في الماء تجمعات تسمى مذيلات (micelles) والمذيلات هي عبارة عن دقائق بحجم الدقائق الغروية تكون فيها المجاميع المستقطبة للجزيئات متجهة للسطح العلوي بينما تكون السلاسل الهيدروكربونية (المجاميع غير المستقطبة) متجهة إلى الأسفل (الداخل).

تدعى الدهون التي تكون صابونا بالدهون القابلة للصوبنة Saponifiable lipids لذا فإن جميع الدهون التي تحتوي في تركيبها أحماض دهنية تكون قابلة للصوبنة.

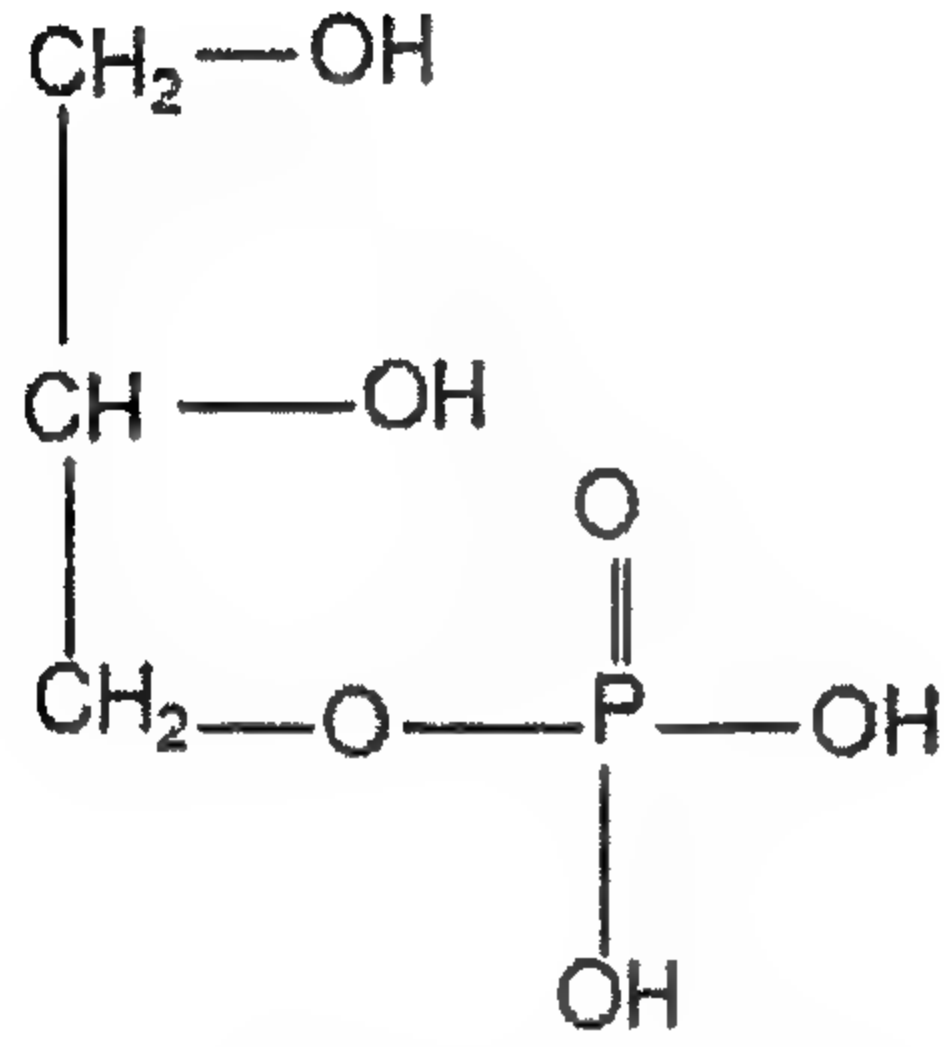
2 -الدهون المفسفرة (الفوسفوليبيدات) phospho lipids

توجد الدهون المفسفرة في جميع أنواع الخلايا الحيوانية والنباتية وهي عبارة عن مركبات استر فوسفات لكليسيريدات ثنائية ويعد المركب كليسول - 3 - فوسفات هو الوحدة التركيبية الأساسية لهذا النوع من الدهون

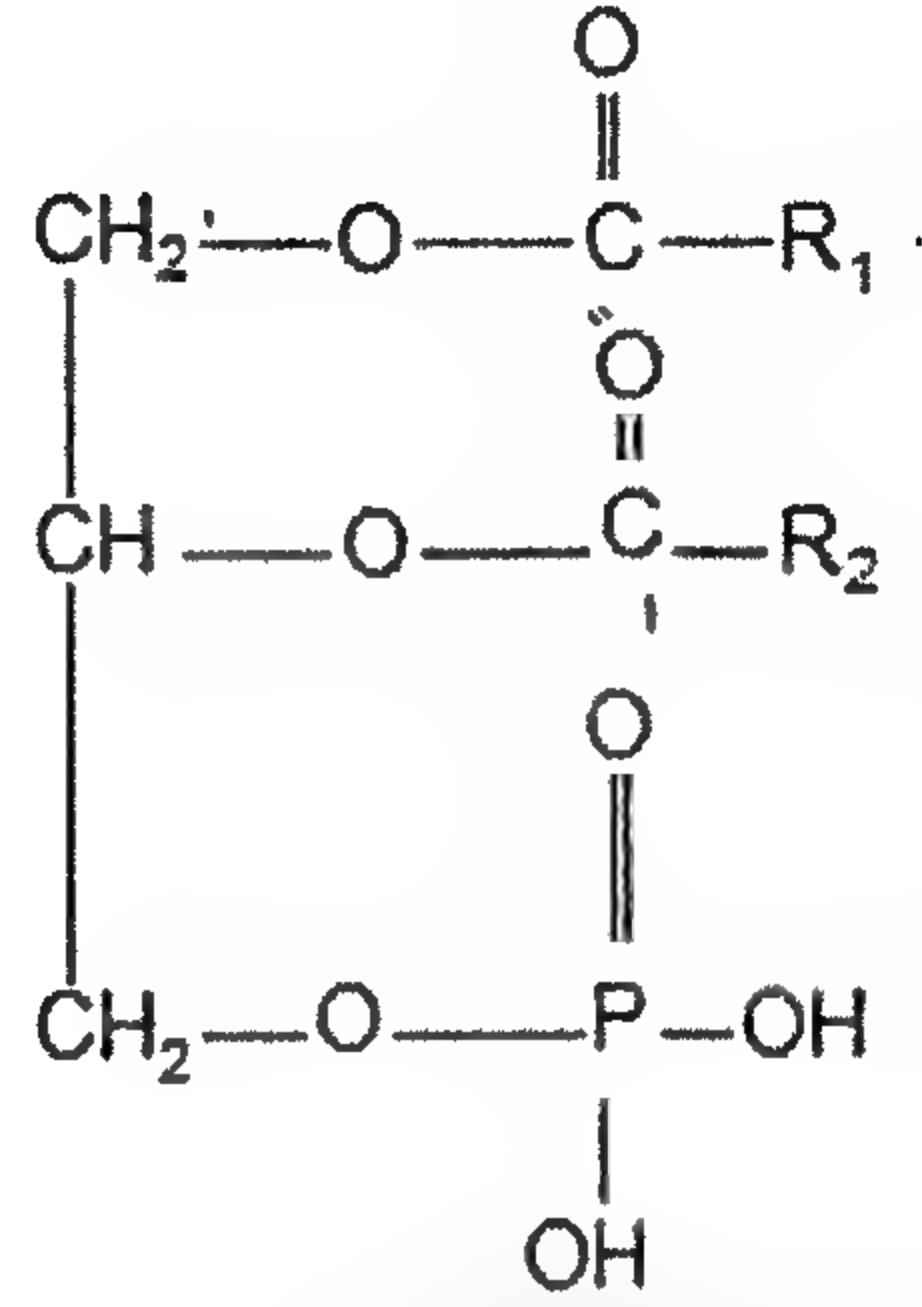
حيث تتاستر جزيئتان من الحامض الدهني المشبع أو غير المشبع مع كليسول - 3 - فوسفات لتنتج أحماضا فوسفاتيديية phosphatidic acids تدخل الدهون المفسفرة في تركيب أغشية الخلية وفي تركيب البروتين الدهني

الفصل الرابع: الليبيدات (الدهون)

لبلازما الدم وتستخدم الدهون المفسفرة كمكونات تركيبية ولا تخزن في أنسجة الجسم بكميات عالية.



كليسرول -3-فوسفات

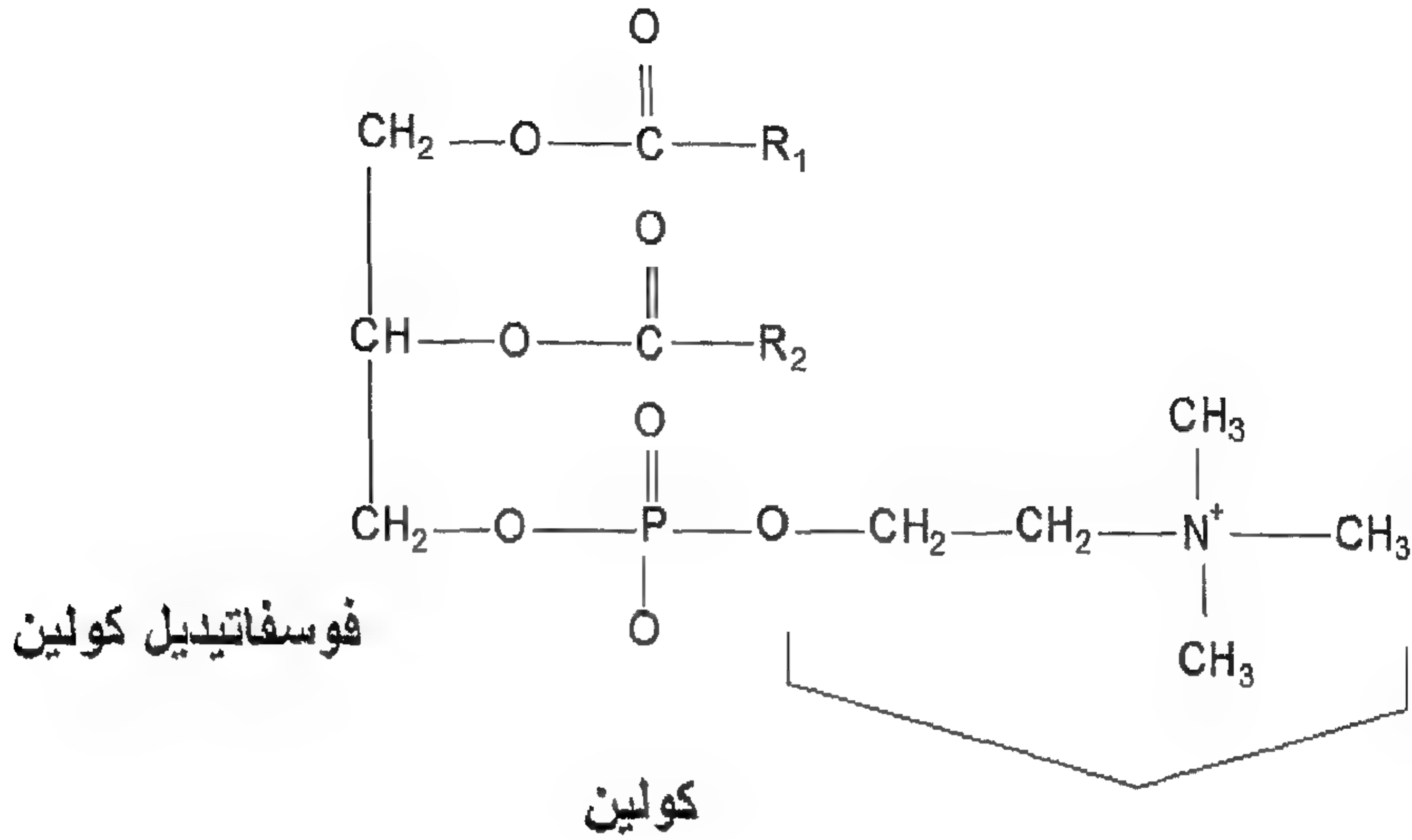


Phosphatidic acid

حامض الفوسفاتيديك

أنواع الدهون المفسفرة :

مركبات فوسفاتيديل كولين phosphatidyl choline أو ما يسمى ليسثين (Lecithines) هي عبارة عن مركبات استر كولين مع حامض الفوسفوريك لتنتج مركبات فوسفاتيديك كولين أو يسمى بالليسيثين. تعد الليسيثينات من المكونات الدهنية للدماغ والأنسجة العصبية كما أنها تعتبر مكونات أساسية لمادة البروتوبلازم لجميع خلايا الجسم كما يعد فوسفاتيديك كولين مركبا لخزن الكولين في الدماغ. يوجد بكثرة في صفار البيض ويدخل أيضا في تركيب البروتينات الدهنية وخصوصا الكيلومايكرون chylomicrones



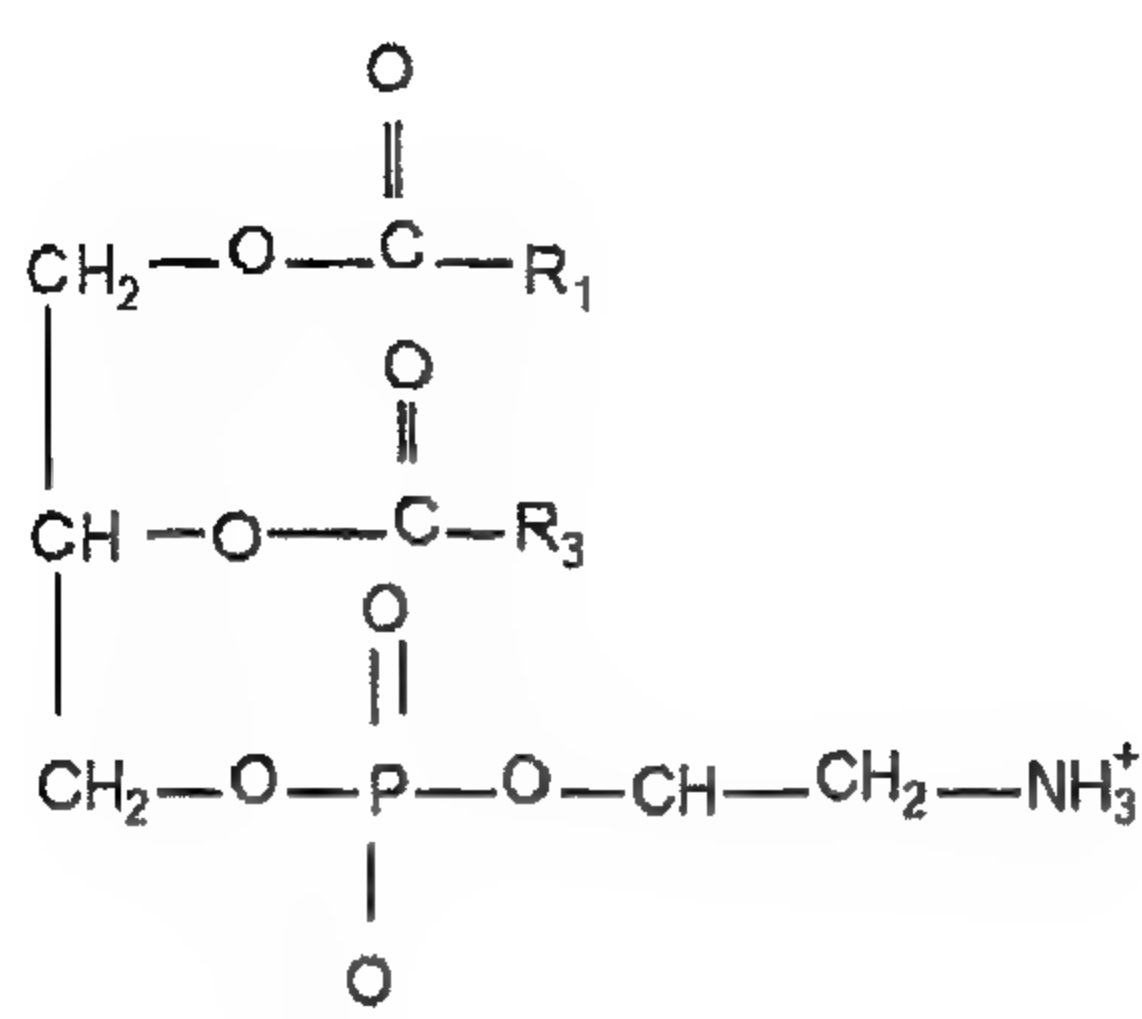
2- مركبات فوسفا تيديل ايثانول امين (سيفالين)

توجد هذه المركبات في أنسجة الدماغ وتكون ممتزجة مع مركبات فوسفاتيديل سيرين وتشترك هذه المركبات في عملية تخثر الدم (Blood coagulation) وتوجد في أنسجة الدماغ والأنسجة العصبية .

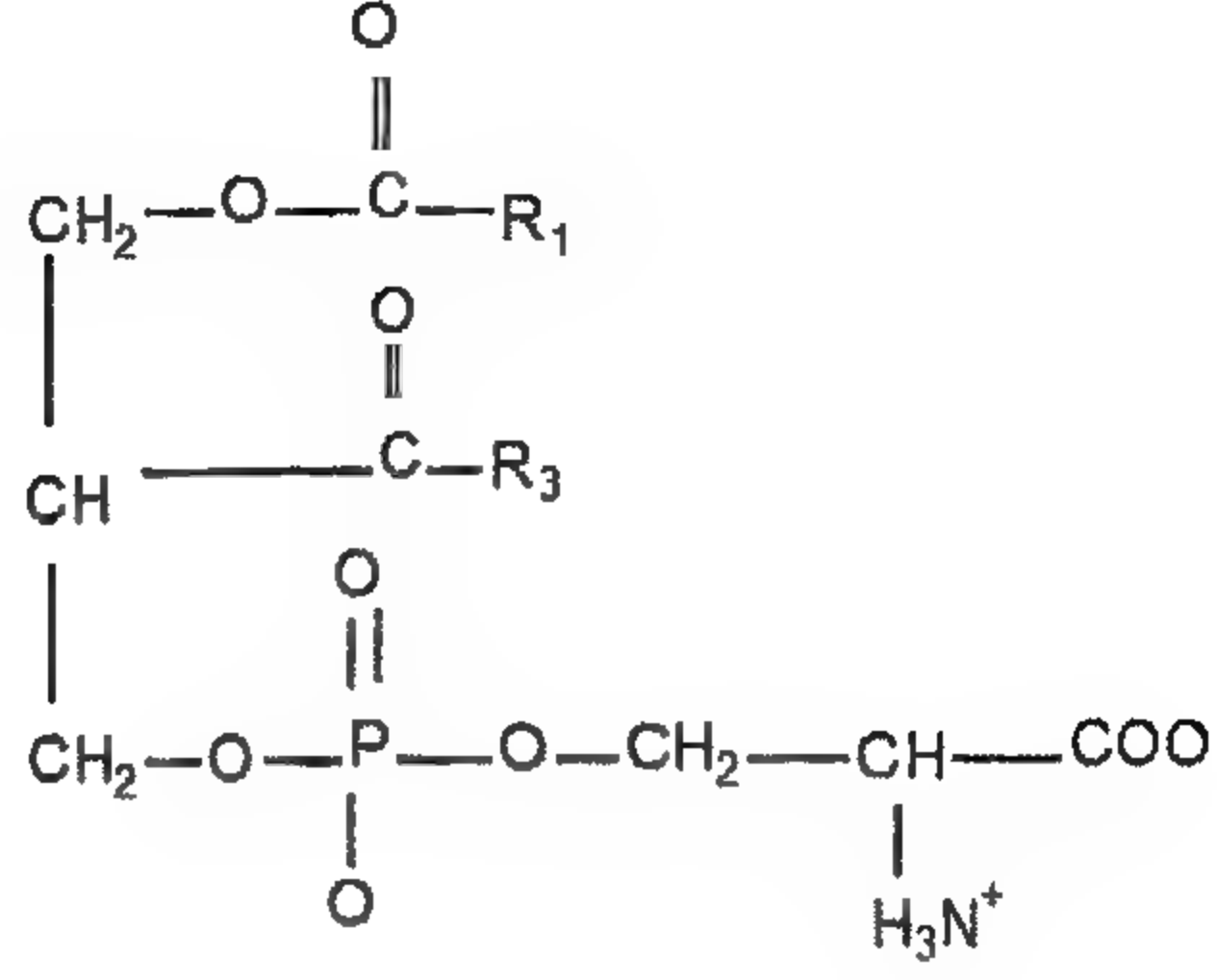
3- فوسفاتيديل سيرين كذلك يوجد بكثرة في الأنسجة العصبية والدماغية .

4- فوسفاتيديل انيوسيتول وهو كذلك يوجد بكثرة في الأنسجة العصبية والدماغية .

الفصل الرابع: الليبيدات (الدهون)



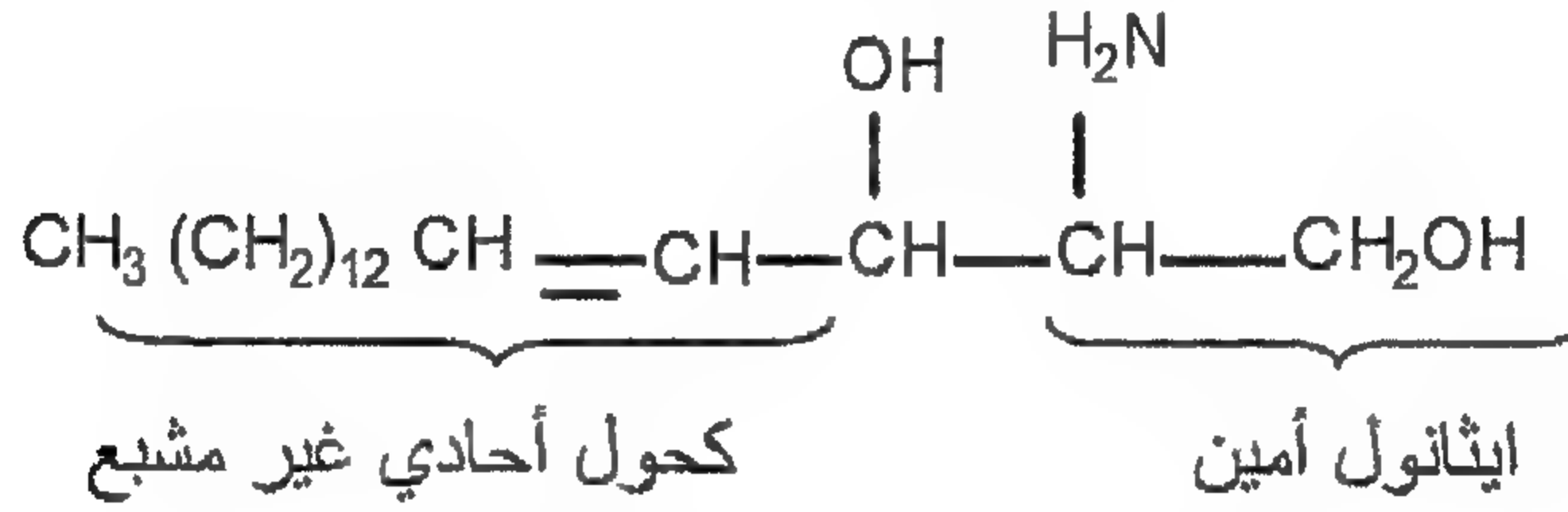
فوسفاتيد إيثانول أمين



فوسفاتيد سيرين

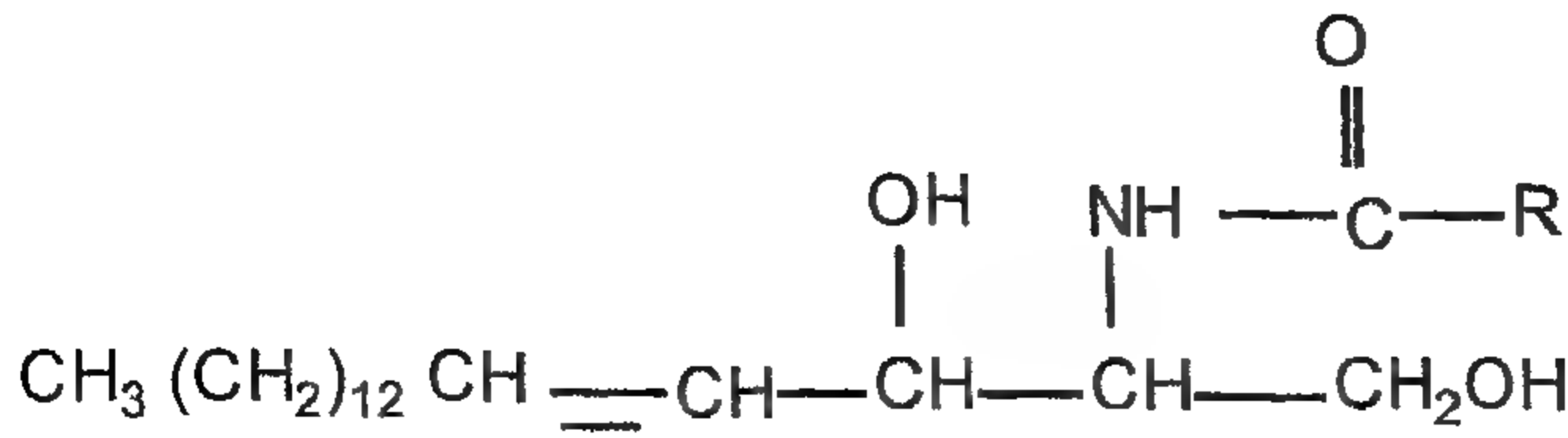
5 - الليبيدات الإسفنجية **Sphingo lipids** : سميت هذه المركبات بهذا

الاسم وذلك لاحتوائها على المركب المسمى (سفنجوسين) أو أحد مشتقاته توجد السفنجوليبيدات في أغشية الخلايا الحيوانية والنباتية .



(التركيب الكيميائي للسفنجوسين)

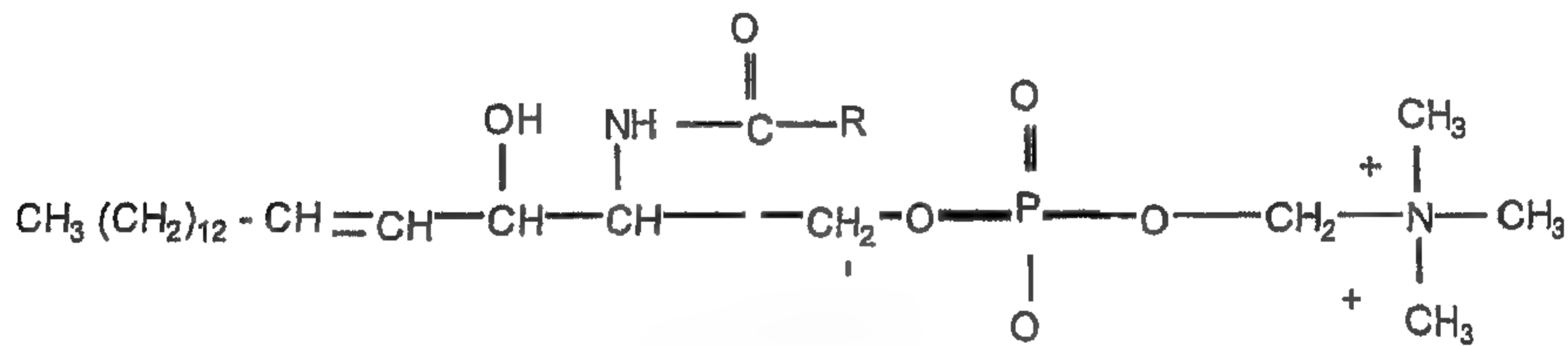
من أهم السفنجوليبيدات هي مركبات السيراميد حيث يتكون من حامض دهني مرتبط مع سفنجوسين يعمل السيراميد كمركب وسطي في تكوين أنواع أخرى من الليبيدات الإسفنجية وتحتوي جميع الدهون الإسفنجية على وحدة سيراميد .



سيراميد

مركبات السفنجومايلين Sphingomyelins

تتكون من ارتباط وحدة السيراميد مع فوسفات الكولين وتعد هذه المركبات مكونات مهمة لغلاف (الميلين) المحيط بالألياف العصبية كما تعد من المكونات الأساسية لبروتوبلازم الخلية توجد بكثرة في صفار البيض والدماغ والكبد والكليتين تعد مركبات السفنجومايلين أكثر ثباتا واستقرارا في تركيب الخلية من الدهون المفسفرة.

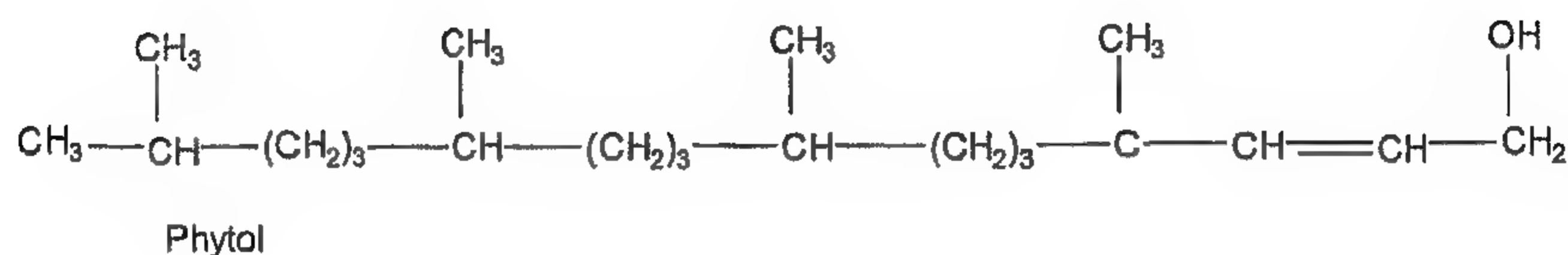
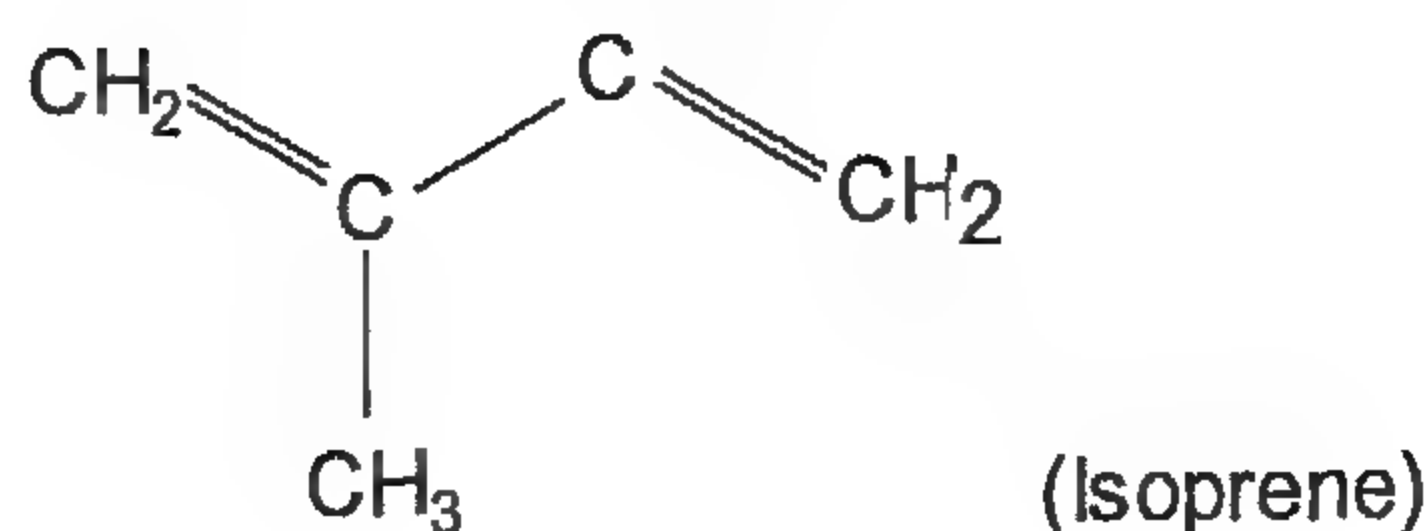


سفنجومايلين

4- التربينات Terpenes

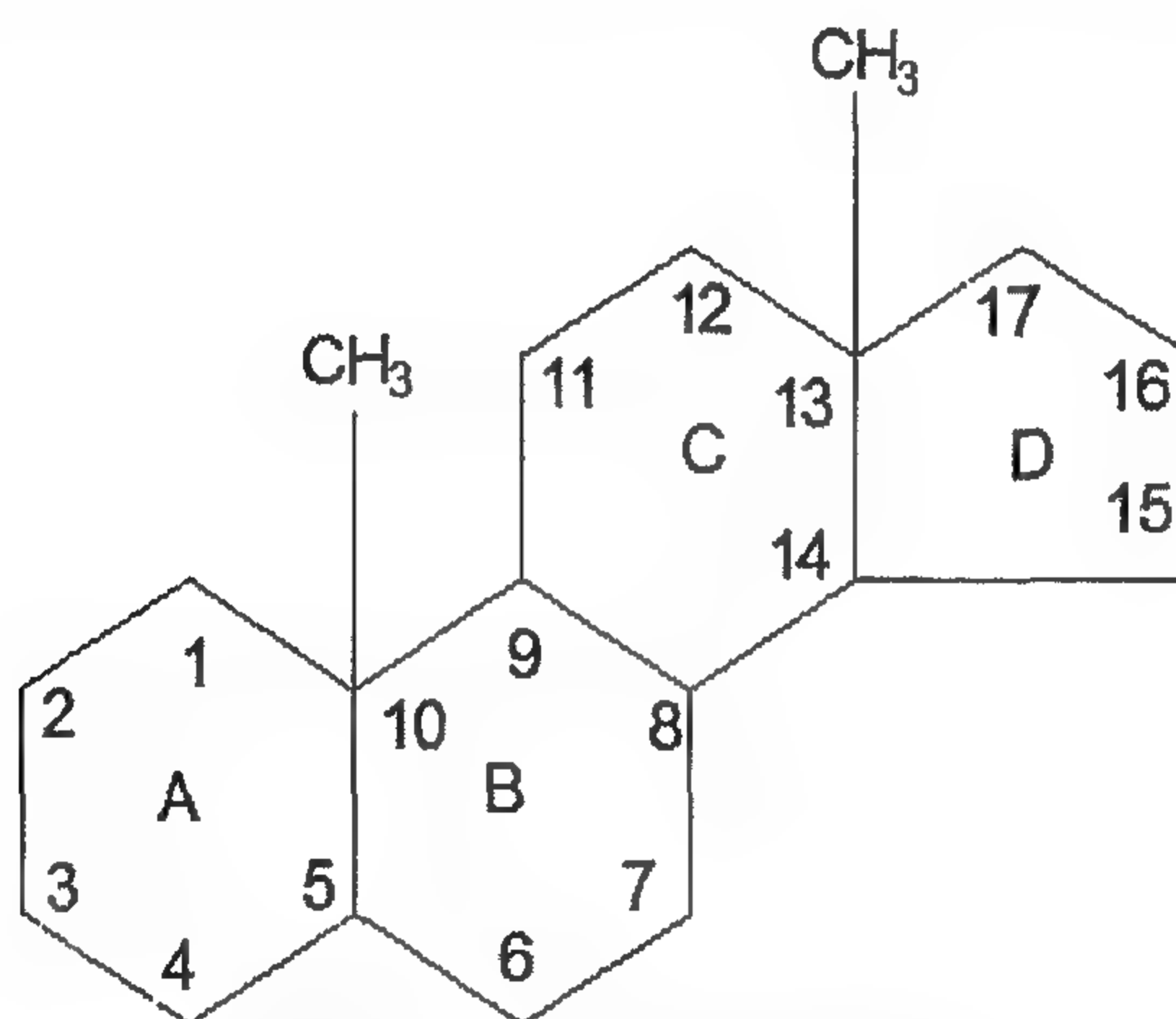
هناك علاقة بين هذه الدهون ومركبات الايسوبرين Isoprene والحاوية على خمس ذرات كاربون حيث أن هذه الدهون تحتوي على مضاعفات الايسوبرين (مضاعفات الخمسة وتشتمل التربينات على مركبات Citral و pinene والكافور والسكوالين وجيرانويل وفارنيسول كذلك تشتمل على الأحماض الراتنجية والمطاط وصبغات نباتية مثل الكاروتين وفيتامين A والسكوالين. كذلك الفاييتول وهو الجزء الكحولي الذي نحصل عليه عند تحليل الكلوروفيل .

الفصل الرابع: الالبيدات (الدهون)



5- الستيرويدات Steroids

تتألف الستيرويدات من نواة الستيرويد والتي هي عبارة عن ثلاثة حلقات سداسية A,B,C مدمجة مع بعضها يطلق عليها Phenanthrene متصلة بها حلقة خماسية (D). من الستيرويدات المهمة التي توجد في الطبيعة هي أحماض الصفراء Bile acids والهرمونات الجنسية الذكرية والانثوية وهرمونات الادرينالين .

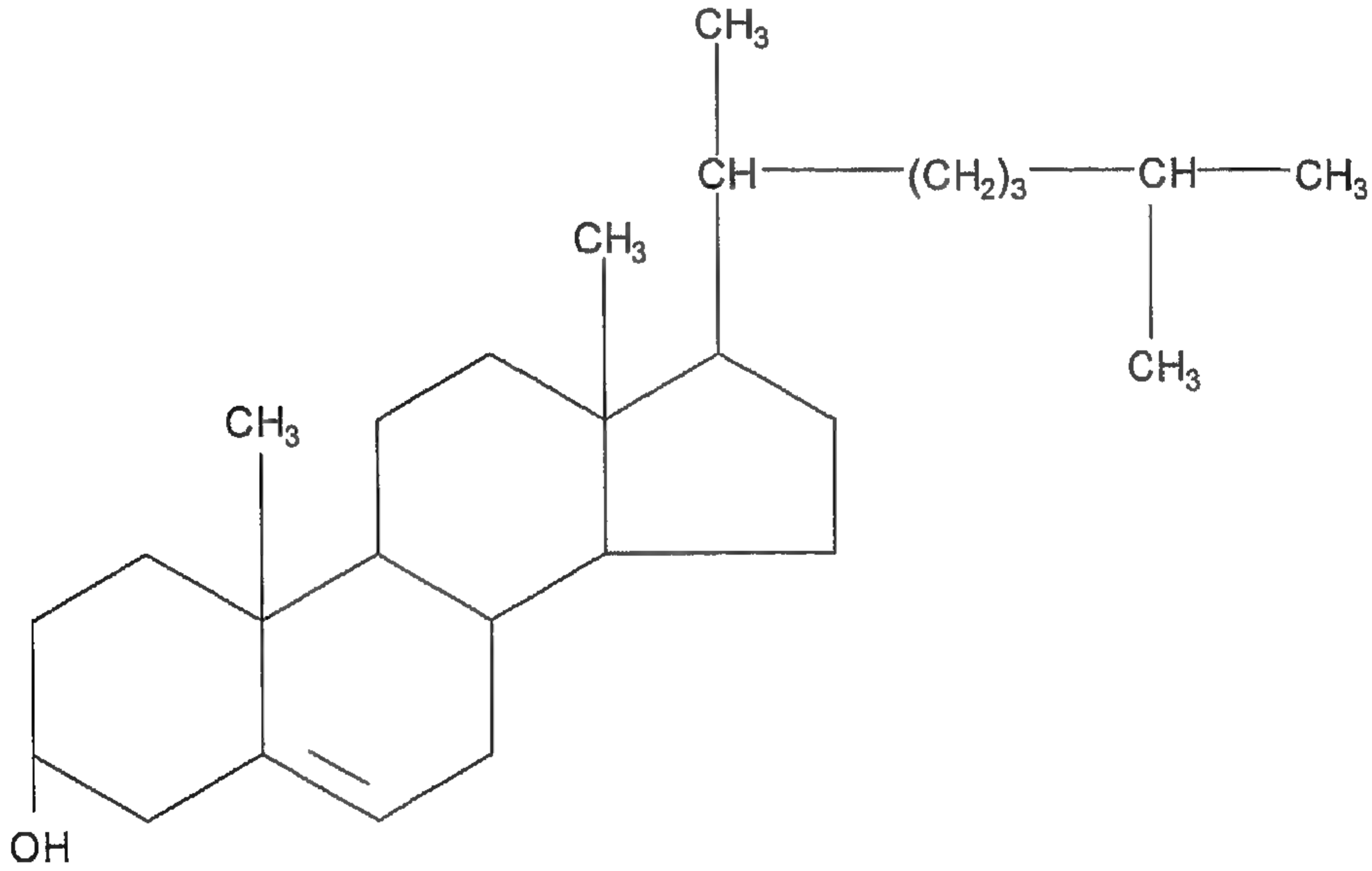


التركيب الكيميائي لنواة الستيرويد

يوجد هذا النوع من الستيرويدات بكميات قليلة جدا في الخلايا إلا أن احد أصناف الستيرويدات المسمى Steroles يوجد بكميات كبيرة جدا. تحتوي الستيروولات على مجموعة كحولية هيدروكسيلية تتصل بذرة الكربون الثالثة

وتحتوي أيضا على سلسلة متشعبة اليقاتية تتكون من 8 - 10 ذرات كاربون تتصل بذرة الكاربون رقم (17)

يعد الكولستيرول من أكثر الستيروولات وجودا في الأنسجة الحيوانية ويوجد أما بصورة حرة Free أو مرتبطة Conjugated والكولستيرول هو المركب الوسطي في جميع تكوين الهرمونات الستيرويدية ويوجد بتركيز عالي في الدماغ ويرتبط معظم الكولستيرول في الدم مع أحماض دهنية غير مشبعة عند ذرة الكاربون رقم (3) التي تقع عليها مجموعة الهيدروكسيل ويمكن توضيح التركيب الكيميائي للكولستيرول كما هو مبين في أدناه :



(كولستيرول) Cholesterol

يعتبر فيتامين (D) احد مشتقات الدهون الستيرويدية وكذلك الهرمونات الجنسية وأملاح الصفراء.

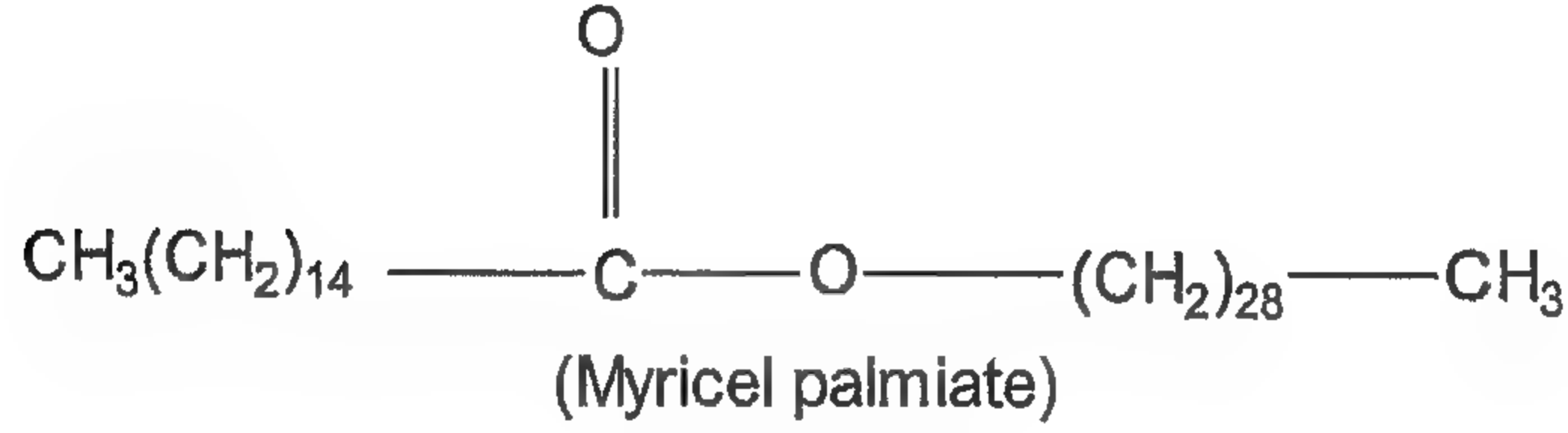
6 - الشموع Waxes

تعد الشموع مركبات لأحماض دهنية وكحولات أحادية الهيدروكسيل وذات سلسلة هايدروكاربونية طويلة والشموع موجودة في

الفصل الرابع: اللبيدات (الدهون)

الطبيعة بشكل مزيج من اللبيدات تغطي سطح الجلد و أوراق النباتات وكذلك فهي موجودة في كيوتكل الهيكل الخارجي لعدة أنواع من الحشرات .

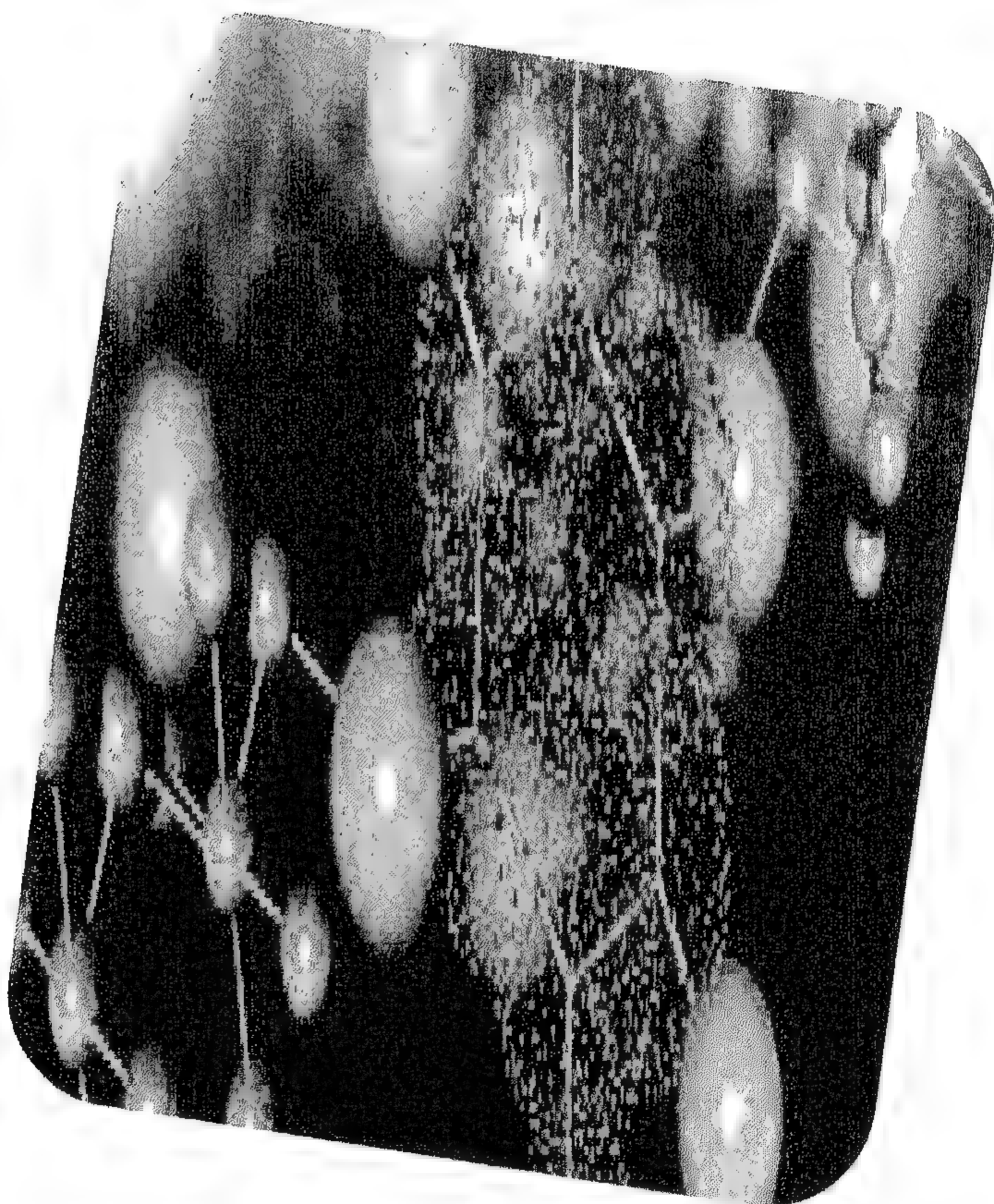
المواد الشمعية الطبيعية كشمع العسل مثلا تحتوي إضافة إلى ذلك على مركبات أخرى كالبارافينات ويعد المركب مايرسيل بالمتيت myricel palmitate احد المركبات الشمعية التي تدخل في تركيب الخلايا السداسية لعسل النحل كما يكون المركب Ianolin المادة الشمعية التي تغطي شعيرات الصوف .



مبادئ الكيمياء الحياتية

الفصل الخامس

الأنزيمات



5

الفصل الخامس

الأنزيمات Enzymes

هي عبارة عن عوامل مساعدة بايولوجية أساس تكوينها البروتين تقوم بزيادة سرعة التفاعلات الكيميائية داخل الخلية الحية دون أن تؤثر على ثابت التبادل (التوازن) أو ما يسمى بـ $equilibrium\ constant$ كذلك فهي لا تتغير أو تستهلك خلال التفاعلات المختلفة وقد تعرف الأنزيمات بصورة مختصرة بأنها بروتينات متخصصة $Specific\ proteins$ أن الأنزيم لا يخلق التفاعل من العدم بل أنه يزيد من سرعة مئات المرات وعند انتهاء التفاعل يبقى الأنزيم كما هو أي لا يتغير وبذلك يستطيع أن يكرر عمله عدة مرات .

يعتبر الأنزيم $Carbonic\ anhydrase$ من أسرع الأنزيمات لحد الآن حيث أنه يقوم بتحويل (تمية) ثائي اوكسيد الكاربون CO_2 في الدم إلى حامض الكاربونيك H_2CO_3 carbonic acid حيث تتمكن كل جزيئة أنزيم من تمية (تحويل) 10^5 جزيئة CO_2 في الثانية الواحدة وتقدر سرعة هذا التفاعل بوجود الأنزيم بـ 10^7 مرة مقارنة مع حالة عدم وجود الأنزيم . أن الأنزيم الكامل يتكون من جزيئين وهما :



جزء غير بروتيني جزء بروتيني أنزيم كامل
(مرافق أنزيمي)

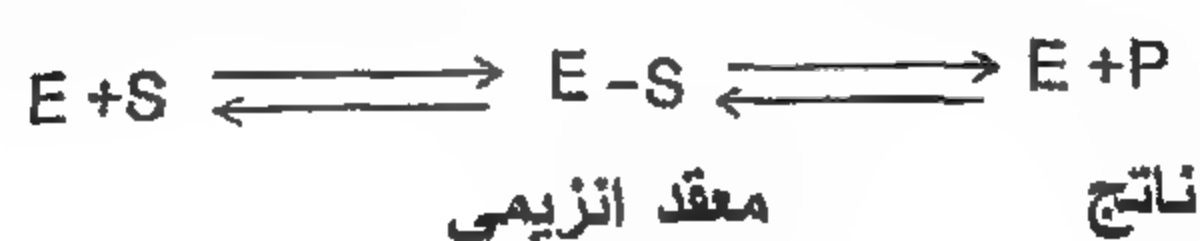
قد يكون المرافق الأنزيمي ايون معدني $metal\ ion$ أو قد يكون جزيئة عضوية $organic\ molecule$ مثل NAD أو FAD أو TPP في حالة التفاعل يكون هذان الجزئان ملتصقان أما خارج التفاعل فيكونان منفصلان عن

مبادئ الكيمياء الحياتية

بعضهما . هناك بعض الأنزيمات تتكون من جزء بروتيني فقط مثل الأنزيمات الهاضمة كالببسين والتريسين . قد يرتبط المرافق الأنزيمي بقوة مع الأنزيم ويسمى في هذه الحالة بـ prosthetic group أو قد يرتبط بارتخاء قد يشتق اسم الأنزيم من اسم المادة الأساس التي يعمل عليها مثل أنزيم urease الذي يعمل على مادة اليوريا أو Amylase والذي يعمل على مادة الاميلوز Amylose أي ينتهي اسم الأنزيم بالمقطع (ase) وأحيانا ينتهي بالمقطع (in) مثل أنزيم chymotrypsin, pepsin, trypsin. وفي هذه الحالة لانستدل على اسم المادة الأساس من خلال اسم الأنزيم . يمكن أيضا اشتقاق اسم الأنزيم من خلال التفاعل الذي يشترك به كأن يكون تفاعل أكسدة أو تفاعل اختزال أو تفاعل تمييه الخ .

أن المادة التي يعمل عليها الأنزيم خلال التفاعل تسمى بالمادة الأساس substrate أو تسمى بمادة التفاعل أو المادة الخاضعة وتكون عادة ذات حجم أصغر بكثير من حجم جزيئة الأنزيم وترتبط المادة الأساس مع الأنزيم أثناء التفاعل من خلال مواقع معينة موجودة على سطح جزيئة الأنزيم تسمى بالمواقع الفعالة active sites أو تسمى بالمواقع التحفيزية catalytic sites والمواقع الفعالة عادة تكون مراكز نشطة وفعالة تتكون من حامض أميني معين أو عدة أحماض أمينية بحيث يكون جزء من جزيئة الأنزيم متما و مشابها لشكل المادة الأساس بحيث عندما ترتبط جزيئة المادة الأساس مع جزيئة الأنزيم خلال التفاعل فأنها ترتبط بطريقة تشبه الطريقة التي يرتبط بها المفتاح مع القفل مما اصطلح على هذا الارتباط بفرضية او نظرية القفل والمفتاح .

LOCK and key THEORY



تصنيف الأنزيمات Enzymes classification

أن التسمية النظامية للأنزيمات والتي وضعت حسب توصيات الاتحاد العالمي للكيميائيين عام (1972) هو نظام (IUB) يشتمل على مايلي International united Biochemists يشتمل على مايلي:

1 - أنزيمات الأكسدة والاختزال Oxido-reductases وهي جميع الأنزيمات التي تعمل على تفاعلات الأكسدة والاختزال مثل أنزيم Alcohol dehydrogenase .

2 - الأنزيمات الناقلة Transferases وهي تشمل جميع الأنزيمات الناقلة لمجاميع كيميائية أثناء التفاعل مثل نقل المجاميع الامينية والكاربوكسيلية أو مجاميع مثيلية الخ ، مثل transaminase .

3 - الأنزيمات المميئة Hydrolases وهي تشمل جميع الأنزيمات التي تعمل على تفاعلات التحلل المائي مثل الأنزيمات الهاضمة كالاميليز Amylase, Protease, و peptidase

4 - الأنزيمات الفاصلة بدون تميؤ Lyases: وهي الأنزيمات التي تشترك في تفاعلات حذف مجاميع كيميائية بدون تميؤ حيث تزيح مجموعة من مادة أساس لتكوين آصرة ثنائية أو قد تضيف مجموعة إلى الآصرة الثنائية للمادة الأساس لتكوين آصرة منفردة وتعمل هذه الأنزيمات على الأواصر C-O, C-S, C-N, C-C مثل أنزيم Pyruvate decarboxylase .

5 - الأنزيمات المناظرة Isomerases: تشتمل على جميع الأنزيمات التي تعمل على تغيير احد متاضرات مركب إلى مركب مناظر له مثل أنزيمات Cis-trans isomerases وأنزيمات Epimerases .

6 - الأنزيمات المكونة (المخلقة) Ligases: وهي الأنزيمات التي تحفز عملية ربط جزيئين كل منهما بالآخر وتقترن هذه العملية بانشطار آصرة بايروفوسفات لجزيئة الـ ATP من الامثلة على هذا النوع هو RNA ligase .

التخصص الأنزيمي Enzyme specificity

تمتلك الأنزيمات درجة عالية من التخصص في التفاعلات التي تساعد فيها وهناك ثلاثة أنواع رئيسية في التخصص الأنزيمي وهي :

1 -تخصص المجموعة Group specificity :في هذه الحالة تعمل الأنزيمات على عدد مختلف من مواد الأساس والتي تمتلك خواص تركيبية مشتركة مثل أنزيم Hexokinase والذي ينقل مجموعة فوسفاتية من الـ ATP إلى جميع السكريات الأحادية سداسية الكربون.

2 -التخصص المطلق absolute specificity : في هذه الحالة يعمل الأنزيم على مادة أساس واحدة ولا يعمل على أي مادة أساس أخرى حتى وإن كانت هذه المادة مشابهة للمادة الأصلية التي يعمل عليها مثل أنزيم Glucokinase والذي يساعد في نقل مجموعة فوسفاتية من الـ ATP إلى الكلوكوز فقط .

3 -التخصص الجسم stereo specificity : - أي أنه إذا كانت المادة الأساس على شكل صيغتين مجسمتين إلا أنهما كيميائياً متشابهتان بحيث يختلفان فقط في ترتيب الذرات فالأنزيم من هذا النوع يقوم بتحليل صيغة مجسمة واحدة للمادة الأساس فمثلاً L-amino OXidase يقوم بأكسدة الأحماض الأمينية من نوع L فقط بينما يقوم D-amino oxidase بأكسدة الأحماض الأمينية نوع D .

العوامل التي تؤثر على فعالية (سرعة) الأنزيم

هناك أربعة عوامل رئيسية تؤثر على فعالية الأنزيم وهي :

1 -درجة الحرارة Temperature.

2 -درجة الأس الهيدروجيني PH.

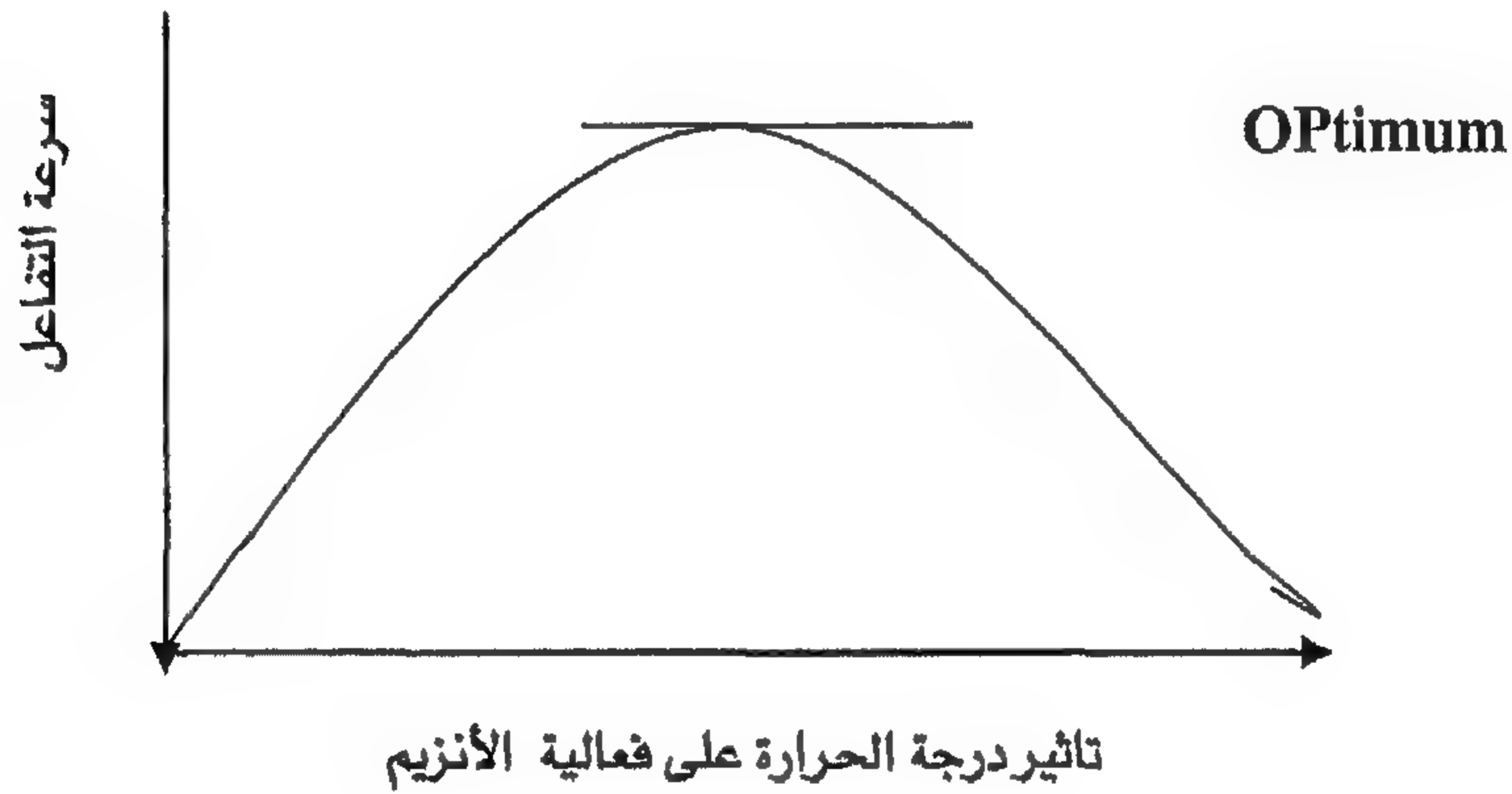
الفصل الخامس: الأنزيمات

3 - تركيز المادة الأساس substrate concentration.

4 - تركيز الأنزيم enzyme concentration.

1. ارتفاع درجة الحرارة : -

إن ارتفاع درجة الحرارة يزيد من فعالية الأنزيم بشرط أن لا يزيد هذا الارتفاع إلى الحد الذي يؤدي إلى مسخ الأنزيم (دنترة الأنزيم) حيث أن ارتفاع درجة الحرارة يعمل على زيادة الطاقة الحركية لجزيئة الأنزيم وبالتالي إلى زيادة الاحتكاك بين الأنزيم والمادة الأساس وان زيادة درجة الحرارة عن 50 مئوية بصورة عامة تؤدي إلى فقدان الأنزيم لخواصه الطبيعية وبالتالي يترسب فاقدًا فعالية البيولوجية .



تأثير تركيز المادة الأساس

عند زيادة تركيز المادة الأساس فان سرعة التفاعل الأنزيمي تزداد إلى الحد الذي لا يحدث بعده أي زيادة في هذه السرعة بحيث تبقى سرعة التفاعل ثابتة مهما زاد تركيز المادة الأساس وعند هذه النقطة يطلق على سرعة التفاعل بالسرعة القصوى (Maximum Velocity) (V_{max}) حيث تكون جزيئة الأنزيم مشبعة بالمادة الأساس بحيث تنخفض سرعة التفاعل الأنزيمي بعد هذه النقطة

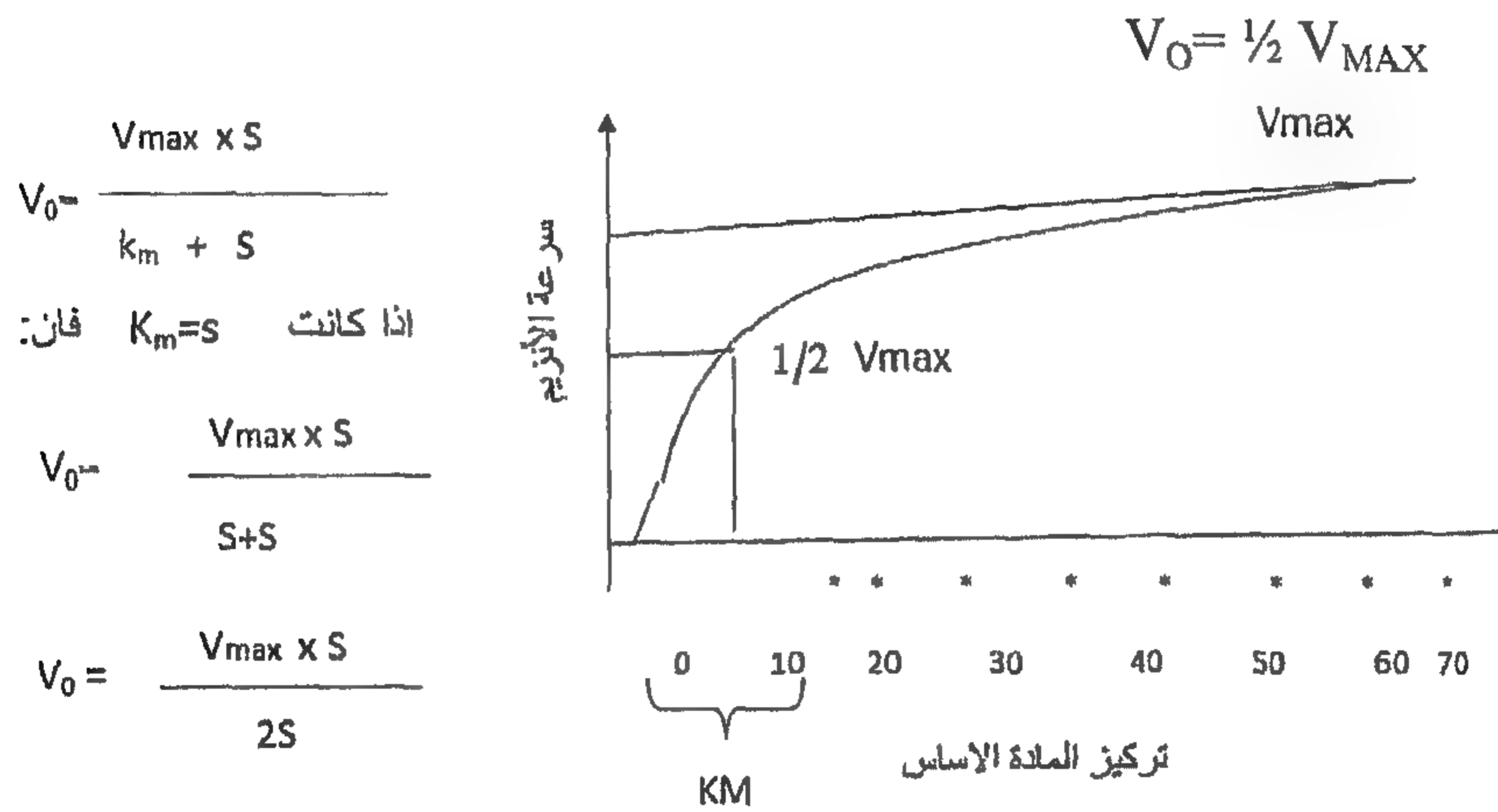
عند زيادة تركيز المادة الأساس وقد افترض ميكليس - مينتس معادلة بذلك كما هو موضح أدناه:

حيث أن السرعة الابتدائية V_0

السرعة القصوى V_{max}

تركيز المادة الأساس S

ثابت ميكليس - مينتس K_m وهو قيمة تركيز المادة الأساس عند نصف السرعة القصوى



2. تركيز الأنزيم :-

عند زيادة تركيز جزيئات الأنزيم مع ثبات تركيز المادة الأساس فإن ذلك يؤدي في البداية إلى زيادة سرعة التفاعل الأنزيمي إلى أن يصل إلى سرعته القصوى كما ذكرنا سابقا وبعد الوصول إلى هذه النقطة سوف تنخفض سرعة التفاعل .

3. تأثير درجة الأس الهيدروجيني PH

بما أن الأنزيمات هي عبارة عن مواد بروتينية فإن أي تغيير في الـ PH سوف يؤثر تأثيرا كبيرا على الصفات الأيونية للمجاميع الامينية

الفصل الخامس: الأنزيمات

والكاربوكسيلية الموجودة في جزيئة البروتين وبالتالي سوف تؤثر على الموقع الفعالة للأنزيم وكذلك على هيئته وشكله إضافة إلى القيم العالية أو الواطئة نوعا ما من الـ PH سوف تؤدي إلى تغير الحالة الطبيعية للبروتين Denaturation ومن ثم إلى الإقلال من فعالية الأنزيم وان لكل أنزيم PH مثالي optimum يعمل فيه ذلك الأنزيم بطاقة القصوى كما موضح في الأمثلة التالية : -

اسم الأنزيم	PH
Pepsin	1.5
Trypsin	7.7
Arginase	9.7

التصنيف النظامي للأنزيمات

1. أنزيمات موكسدة - مختزلة Oxido-reductases

1,1 تعمل على أكسدة CHOH

1,2 تعمل على أكسدة C=O

1,3 تعمل على أكسدة CH=CH

1,4 تعمل على أكسدة CH=NH_2

2. أنزيمات ناقلة transferases

2,1 تنقل مجاميع ذرة كاربون واحدة

2,2 تنقل مجاميع الديهايدية أو كيتونية

2,3 تنقل مجاميع اسيلية

2,4 تنقل مجاميع كلايكو سيلية

3. أنزيمات مميئة Hydrolases

3,1 تعمل على تمئ للاستر

مبادئ الكيمياء الحياتية

3,2 تعمل على تمئ الأواصر الكلايكو سيلية

3,3 تعمل على تمئ الأواصر الببتيدية

3,4 تعمل على تمئ الأواصر C-N

4. أنزيمات فاصلة بدون تمئ الأصرة Lyases

4,1 تعمل على الأصرة C-C

4,2 تعمل على الأصرة C-O C-O

4,3 تعمل على الأصرة C-N

5. أنزيمات مناظرة Isomerases

5,1 Racemases

5,1 cis-trans isomerases

6. أنزيمات مخلقة Ligases

6,1 تعمل على الأصرة C-O

6,2 تعمل على الأصرة C-S

6,3 تعمل على الأصرة C-N

6,4 تعمل على الأصرة C-C

أن الاسم النظامي لأي أنزيم يتكون من أربعة أرقام حيث يشير الرقم الأول من اليسار إلى أحد الأصناف الرئيسية الستة السابقة أما الرقم الثاني يشير إلى الصنف الثانوي sub-Glass ، أما الرقم الثالث فيشير إلى الصنف تحت الثانوي sub-sub-Glass أما الرقم الرابع والأخير فهو مجرد رقم تسلسلي للأنزيم ويسبق الاسم النظامي لكل أنزيم عادة الاختصار E-C .

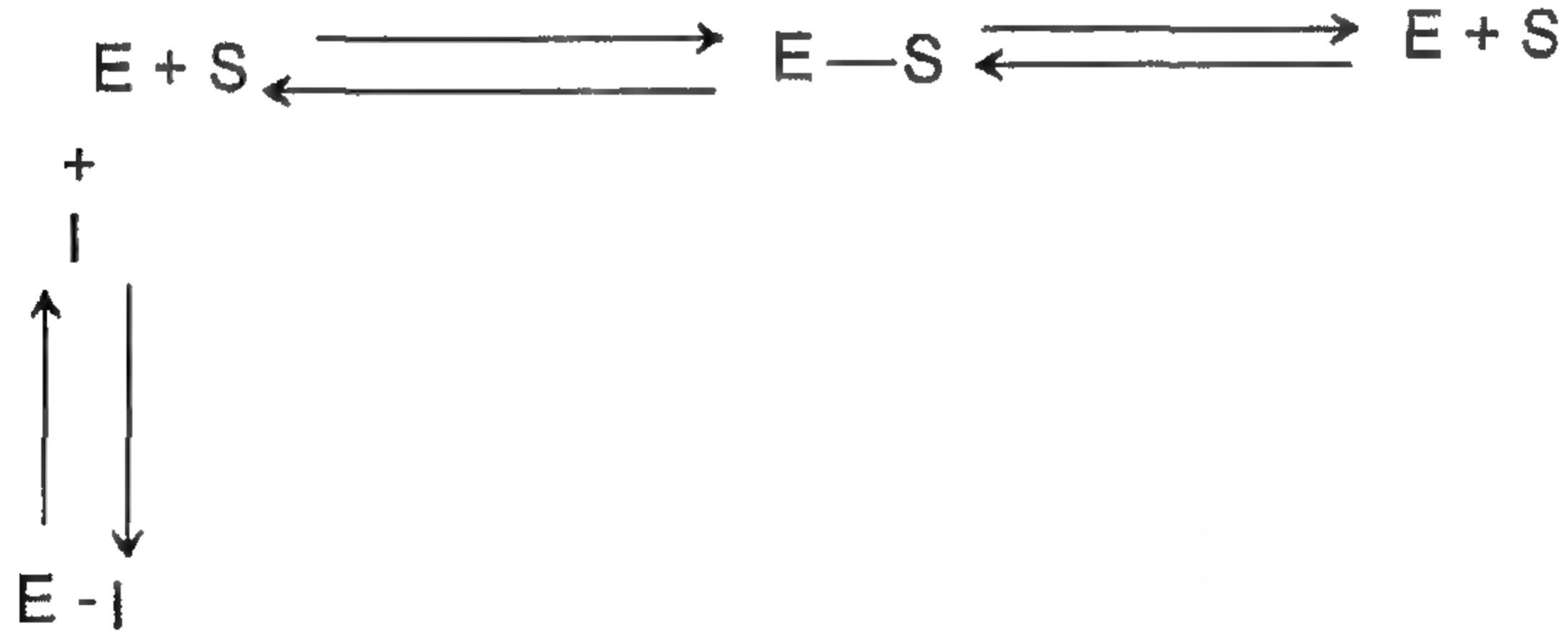
التثبيط الأنزيمي Enzyme inhibition

هي العملية التي يتم فيها أعاقه عمل الأنزيم نتيجة لمؤثرات خارجية فيزيائية أو كيميائية وهناك نوعان رئيسيان من أنواع التثبيط وهما : -

1. التثبيط التنافسي competitive inhibition

يحصل هذا النوع من التثبيط نتيجة لتنافس كل من المادة الأساس substrate والمادة المثبطة inhibitor على الارتباط بالمواقع الفعالة active sites وبالإمكان التغلب على هذا النوع من التثبيط بزيادة تركيز المادة الأساس في محيط التفاعل وتعتمد درجة التثبيط في هذا النوع على تركيز كل من المادة المثبطة والمادة الأساس وعلى الألفة النسبية relative affinity.

في التثبيط التنافسي يتحد الأنزيم E مع المثبط I بصورة عكسية لينتج عنه مركب معقد والذي يتنافس مع المركب المعقد E-S بحيث تتغير قيمة KM ولكن لا تتغير السرعة القصوى .



2. التثبيط اللاتنافسي un competitive inhibition

لا يمكن التغلب على هذا النوع من التثبيط بزيادة تركيز المادة الأساس إذ يرتبط المثبط بصورة غير عكسية بموقع ما على سطح الأنزيم وليس بالموقع الفعال لذا لا يمكن التغلب على المادة المثبطة بزيادة تركيز المادة الأساس ويعتمد التثبيط اللاتنافسي على تركيز المادة المثبطة والألفة الموجودة بين المادة المثبطة

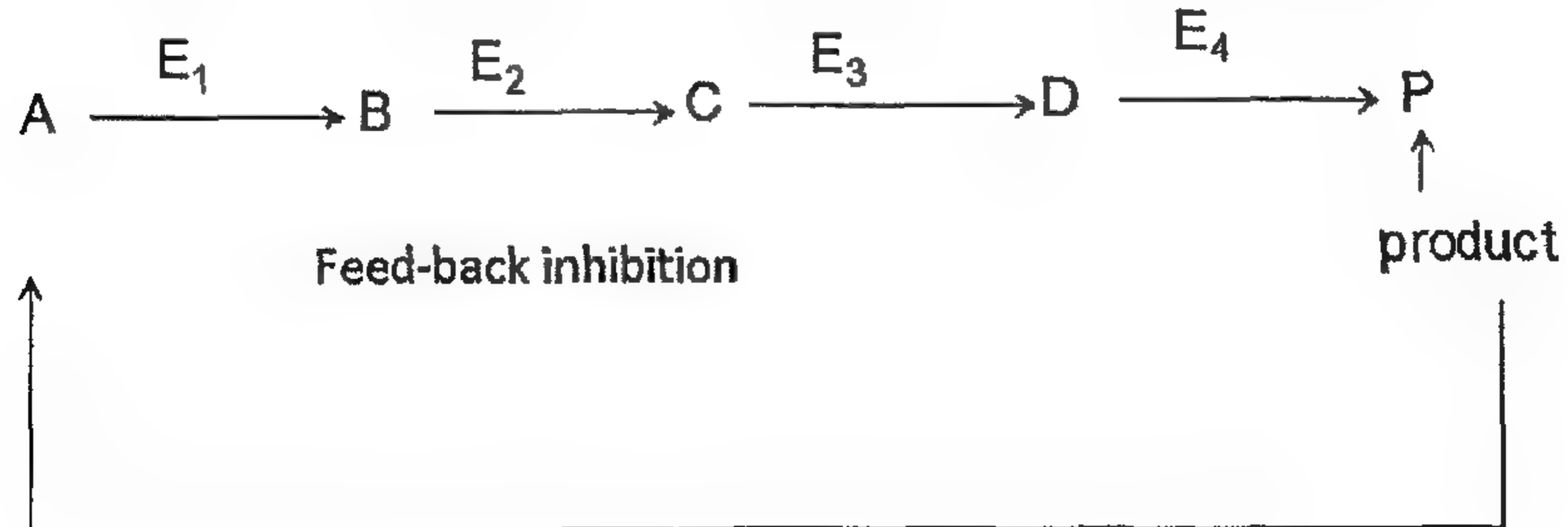
والأنزيم وتبقى قيمة k_m ثابتة ولا تتغير في هذا النوع من التثبيط بينما لا تصل سرعة التفاعل إلى السرعة القصوى .

الأنزيمات الالوستيرية Allosteric enzymes ؛ -

تعني كلمة allosteric (الموقع) أو الطرف الآخر another site وللأنزيمات الالوستيرية طرف أو موقع آخر منظم يختلف عن الطرف المحفز ترتبط فيه المواد المؤثرة أو المعدلة modulators وتتكون عادة آصرة تساهمية بين المادة المؤثرة والأنزيم .

أن المؤثر أو المحفز الموجب stimulatory هو مركب يعزز اقتران المادة الأساس بالأنزيم بينما المؤثر السالب negative effectors هو المركب الذي يقلل من اقتران المادة الأساس بالأنزيم حيث أن اقتران المؤثرات بالطرف (الموقع) المنظم يغير خواص الموقع الفعال للاقتران بالمادة الأساس .

تعمل الأنزيمات في معظم الخلايا على شكل سلاسل متتالية تسمى أنظمة متعدد الأنزيم multi enzyme system حيث يكون فيها ناتج الأنزيم الأول مادة أساس للأنزيم الذي يليه وهكذا وغالبا ما تقع الأنزيمات الالوستيرية في الخطوة الأولى أو في بداية المسار الطويل للعملية الايضية حيث يعمل الناتج النهائي للمسار مؤثرا ساليا للأنزيم المنظم وهذا ما يدعى بتثبيط الناتج النهائي أو تثبيط التغذية المرتدة والذي يسمى بـ feed-back inhibition مثل أنزيم ATC Aspartate transcarbamylase وتثبيط التغذية المرتدة هو أن الأنزيم يثبط بناتج التفاعل



أهمية الأنزيمات : -

للأنزيمات أهمية كبيرة في التشخيصات السريرية حيث أن مصل الإنسان يحتوي على عدد من الأنزيمات ذات الفعالية الثابتة والمحددة في الحالات الطبيعية. أما في حالات المرض فقط لوحظ زيادة أو نقصان في فعالية هذه الأنزيمات مما يعطي دلالة على بعض الأمراض ومن هذه الأنزيمات أنزيم Lipase والاميليز Amylase والفوسفاتيز الحامضي و (GPT)، (GOT) والذي هو Glutamate pyruvic transaminase (GPT) أما (GOT) فهو Glutamate Oxalo transaminase وللأنزيمات أيضا استعمالات تطبيقية في الصناعة فان فعالية بعض الأنزيمات تعطي دلالة على كفاءة المعاملة الحرارية التي تعرضت لها المادة الغذائية وتستخدم كذلك لتقدير درجة التلوث البكتيري للأغذية بالكشف عن الأنزيمات الميكروبية التي تتوافر عادة في الحليب وبالإمكان أيضا استعمال الفحص الأنزيمي للتعرف فيما إذا كانت المنتجات النباتية المخزونة صالحة للاستخدام الغذائي وهناك استعمالات أخرى عديدة في الصناعات الغذائية والمشروبات الغازية والأدوية والمبيدات الزراعية .

الأشكال الفعالة وغير الفعالة للأنزيمات : -

تطرح بعض الأنزيمات في مختلف الأجهزة الحياتية بشكل غير فعال يسمى بـ proenzyme أو zymogen ويتحول إلى أشكالها النشطة بفعل أنزيمات أخرى أو مواد عضوية فمثلا يقوم الأنزيم Entrokinase بتحويل (trypsinogen) إلى Trypsin نشط كما تقوم كبريتات الامونيوم أو المنغسيوم بهذا الدور أيضا كما يتحول Pepsinogen إلى pepsin بفعل HCL الموجود في المعدة وهناك فوائد عملية لوجود الشكل غير الفعال للأنزيم فمثلا يوجد الأنزيم الخامل prothrombin في الدم بهذا الشكل وعند حدوث جرح تتكسر الصفائح الدموية وتحرر الأنزيم Thrombokine الذي ينشط بوجود ايونات الكالسيوم ويحول الأنزيم الخامل prothrombin إلى Thrombin والذي يحول Fibrinogen

مبادئ الكيمياء الحياتية

إلى Fibrin والذي يترسب على شكل خيوط بيضاء متقاطعة تضم بينها كريات الدم الحمراء وتسمى بالجلطة Clotting كما يمكن أن يكون التحول من الشكل غير الفعال إلى الفعال بواسطة ايون الهيدروجين أو بوجود أنزيم كما في المثال.



الفصل السادس

الفيتامينات



6

الفصل السادس

الفيتامينات Vitamins

كان يعتقد سابقا بان الفيتامينات هي مركبات عضوية تشبه المركبات الامينية من ناحية الخصائص الكيميائية لذا سميت بالبداية Vitamines وتتكون من مقطعين وهي Vita و amines أي الأمينات الحيوية ولكن فيما بعد حذف المقطع الأخير (e) لتصبح كلمة vitamins وليس vitamines وهي الصحيحة حيث اكتشف فيما بعد هو انه ليست جميع الفيتامينات هي مركبات امينية وسبب اعتقاد العلماء بان الفيتامينات مركبات امينية لان أول فيتامين اكتشف هو فيتامين B1 الحاوي على مجموعة امينية.

أن الفيتامينات هي عبارة عن مركبات عضوية معقدة التركيب تحتاجها الخلية الحية بكميات قليلة جدا لأغراض النمو الطبيعي والتكاثر ولا تستطيع بعض الكائنات الحية في بنائها كخنزير غينيا والإنسان وتظهر حالات نقص الفيتامينات في الأشخاص الذين لا يحصلون على غذاء متوازن أن حاجة الأشخاص إلى الفيتامينات تختلف نسبيا من إنسان إلى آخر ولكن الجسم بصورة عامة يحتاج إلى معدل ثابت من الفيتامينات ويوميا وتسمى القيمة اليومية (Daily Value) فمثلا القيمة اليومية من فيتامين C تقدر بـ 60 ملغم لذا فان أقراص فيتامين C التي يكتب عليها 50% تعني أنها 30 ملغم لا تعرف الوظائف الدقيقة لأغلب الفيتامينات لكن نعتقد بأنها تقوم بوظيفة الأنزيمات المساعدة Coenzymes وخاصة الفيتامينات الذائبة بالماء ويمكن أن يطلق مصطلح (essential dietary) على الفيتامين أي معناه العامل الأساسي للغذاء يمكن تقسيم الفيتامينات إلى :

أ - فيتامينات ذائبة بالماء water _soluble vitamins وهي مثل :

1 - (B1)Thiamine

1 - (B2) Riboflavin

3 - (B3) Nilacin

4 - (B4) Pantothenic

5 - (B6) Pyridoxine أو Pyridoxamine Pyridoxal

6 - (B7) Biotin

7 - حامض الفوليك (B8) Folic acid

8 - (B12) Cyano cobalamine

وجميع هذه الفيتامينات هي من مجموعة B أو ما يسمى B-complex حيث أنها تشترك بصفة الذوبان في الجزء المائي المستخلص من الحليب كما إن أعراض نقصها في الإنسان متشابهة ومتداخلة .

9 - Ascorbic acid وهو ذائب بالماء لكن لا يعتبر من مجموعة (B)

1 - (B1)Thiamine- الشـكل الفـعال لـه هـو

Thiaminepyrophosphate(TPP) يعمل مع حامض الليبويك

كمرافق أنزيمي للأنزيمات التي تحفز عمليات إزالة

الكاربوكسيل (Decorboxylation) من أحماض α -ketoacids-

ومن السكريات الكيتونية كما يكون (TPP) مرافقا لأنزيم

Transketolases ومصادر فيتامين (B1) هي الخبز الأسمر واللحوم

والحليب والخضر ونقصه يؤدي إلى مرض beri-beri.

2 - (B2) Riboflavin أن الصيغة الفعالة لهذا الفيتامين هو (FMN)

Flavin mono nucleotide وFlavin adenine dinucleotide تعمل

هذه المرافقات في تفاعلات تأكسدية لحذف مجموعة الامين

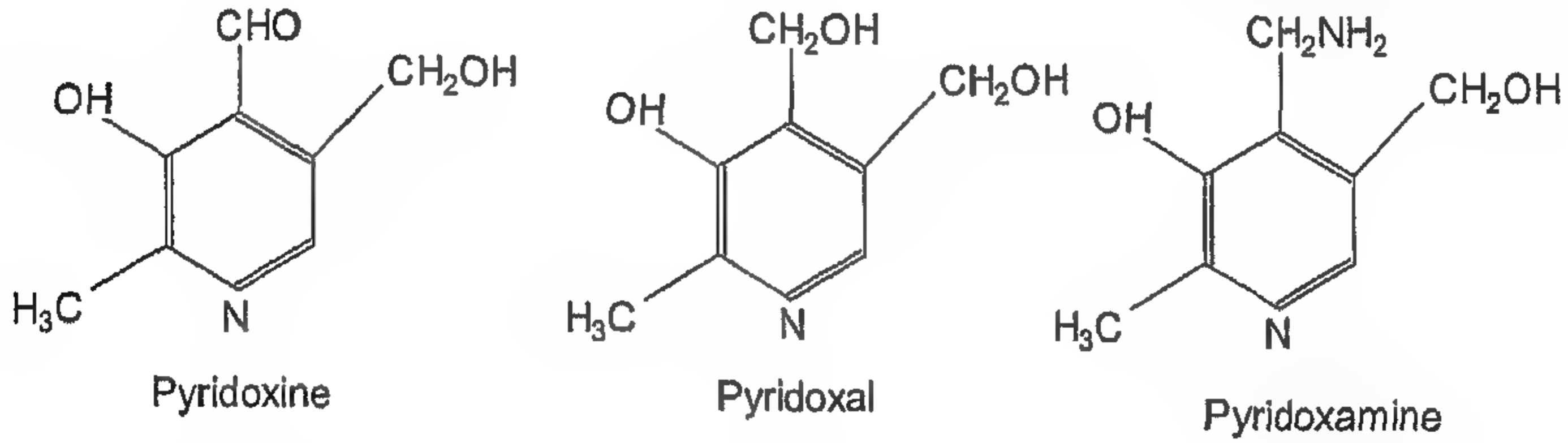
الفصل السادس: الفيتامينات

للأحماض الأمينية Oxidative deamination وكذلك في أكسدة B للأحماض الدهنية وكذلك في تفاعلات الفسفرة التأكسدية Oxidative phosphorylation ومصادره (B2) هي الخضار واللحوم والبيض والحليب ويؤدي نقصه إلى تشقق اللسان .

3- (B6) : يوجد بثلاثة أشكال وهي Pyridoxine Pyridoxal, Pyridoxamine, مصادر فيتامين (B6) هي جنين الحنطة والخميرة واللحوم وصفار البيض ونقصه يسبب اضطرابا في الجهاز العصبي وأمراض جلدية .

يوجد هذا الفيتامين بكثرة في المواد الغذائية المختلفة وقلما يحدث نقص لهذا الفيتامين في الإنسان يوجد البايرودوكسين في المنتجات النباتية بينما يوجد كل من البايرودوكسال والبايردوكسامين في المنتجات الحيوانية وهو مهم لبناء وهدم الأحماض الأمينية أن الجزء الفعال هو pyridoxalphosphate حيث يشترك في تفاعلات مهمة وهي انتقال المجاميع وإزالة مجموعة الكربوكسيل

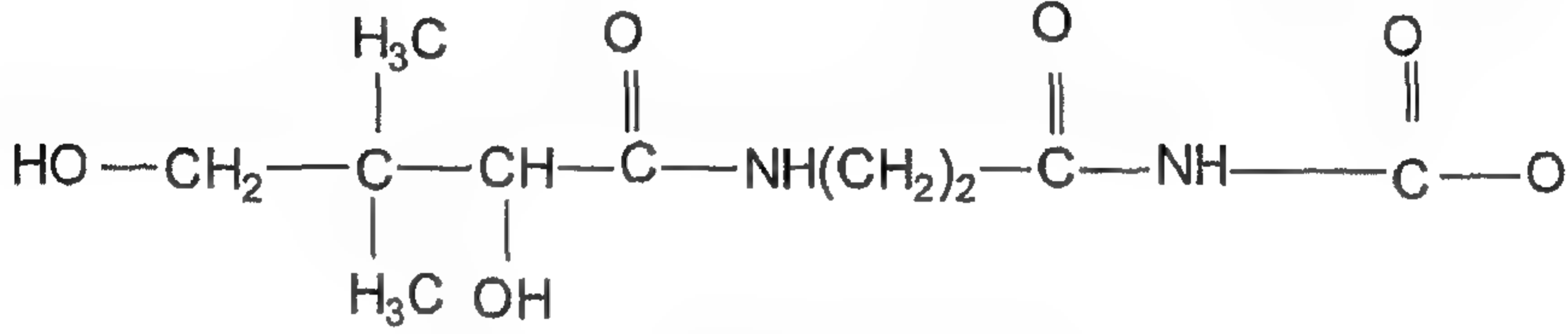
Decarboxylation



(B12) Cyano cobalmine يوجد هذا الفيتامين كجزء من الأنزيم المساعد COB12 حيث يوجد في الحيوانات والأحياء المجهرية فقط ولا يوجد في النبات

Pantothenic acid (B4)- 4

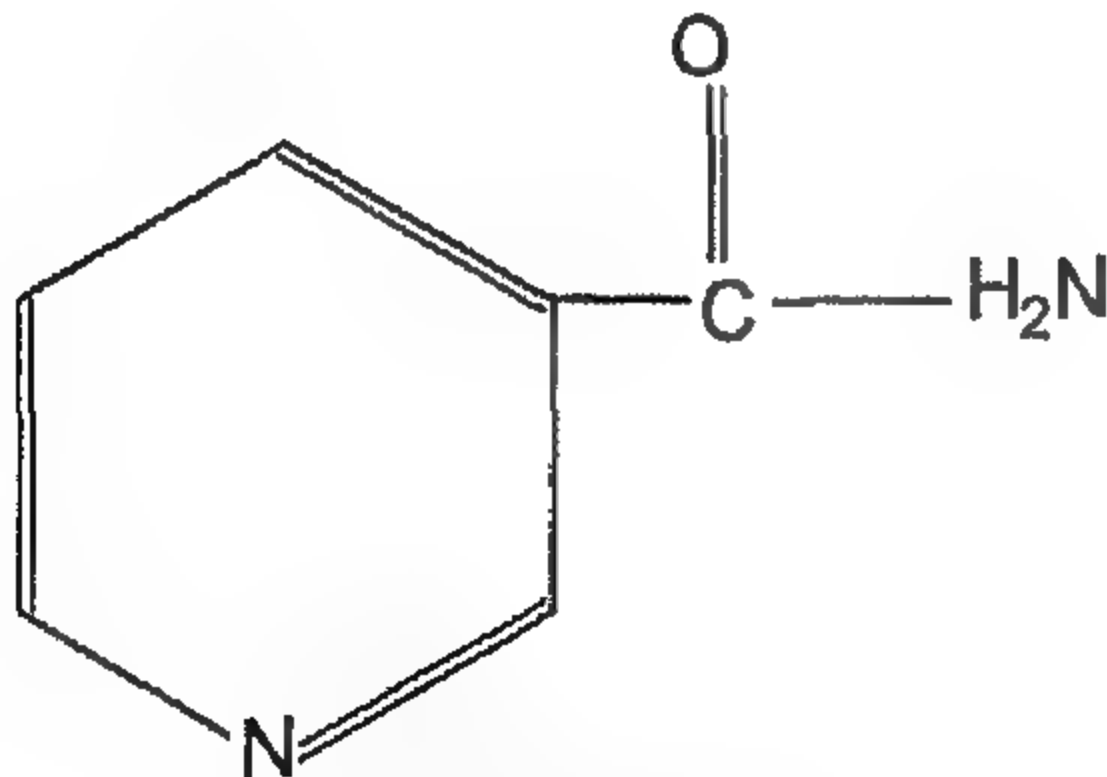
يكون وجود هذا الفيتامين غير ضروري في الغذاء لكنه يمكن تكوينه داخل الجسم الإنسان من قبل بكتريا القولون. يقترب حامض البانتونيك مع الـ ATP والحامض الاميني cystein في الكبد ليكونا المرافق الأنزيمي Acetyl CoA وهو ضروري لايض الكربوهيدرات والدهون .



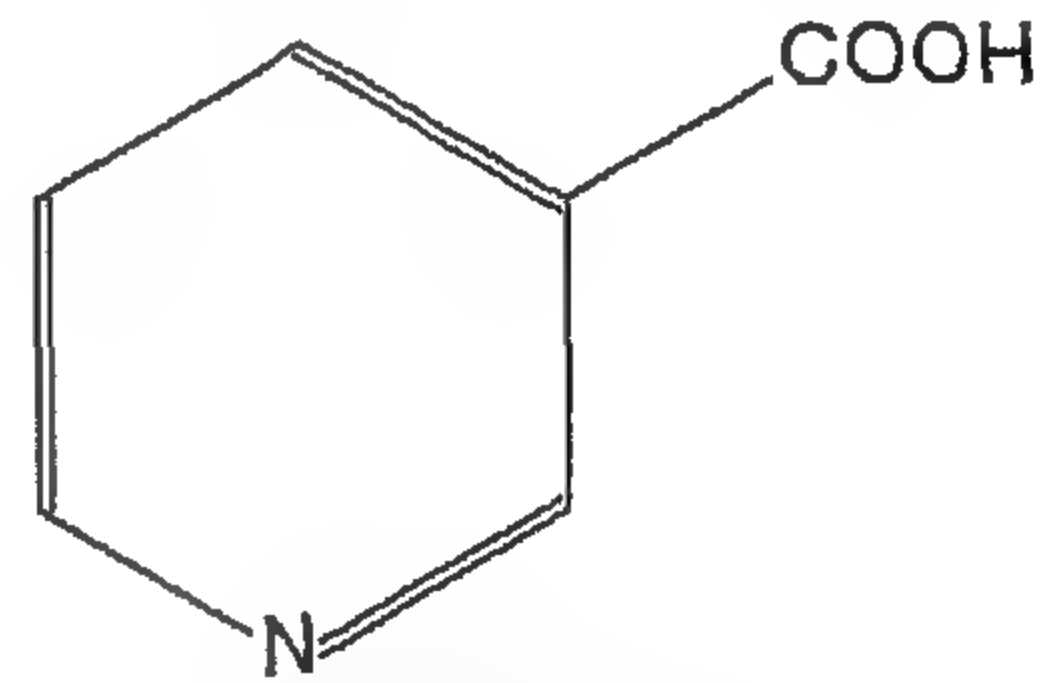
Panto thenic acid

(B3)Niacin - 5

ويسمى أيضا nicotinic acid ويستطيع الإنسان من تحويله إلى Nicotin amide والذي هو جزء من المرافق الأنزيمي NAD والذي هو Nicotin amide adenine dinucleotide يتوفر النيكوتيناميد في اللحوم والبيض والطحين الكامل والخميرة ونقص هذا الفيتامين هو اسوداد اللسان واضطرابات معدية والشكل المفسفر له فهو NADP وتعمل كمراافقات لأنزيمات الأكسدة والاختزال والتي يطلق عليها بأنزيمات ديهيدروجيناز المرتبطة بالبيريدين . Pyridine-linked dehydrogenase



Nicotine amide



Nicotinic acid

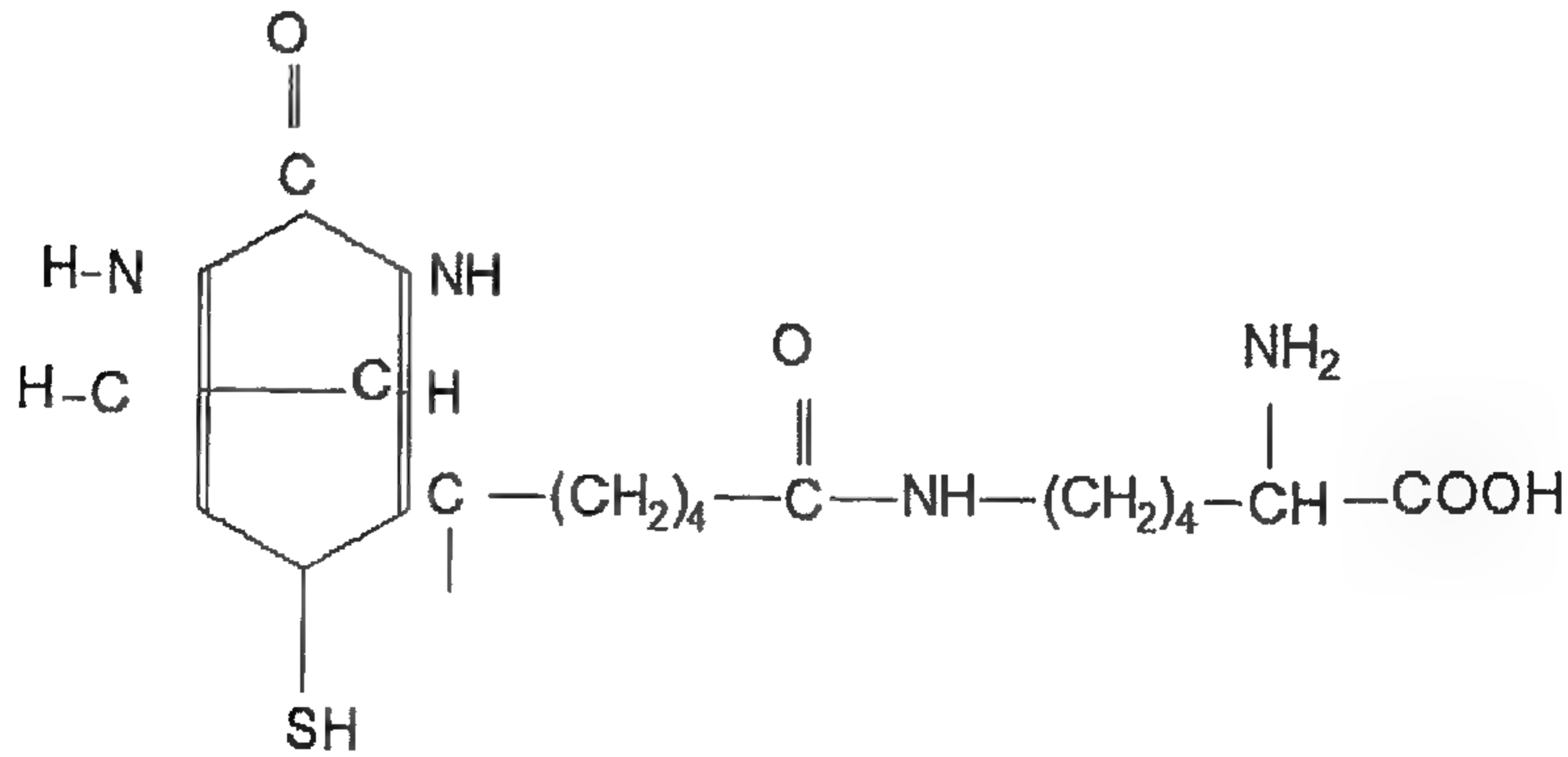
Please Register

الفصل السادس: الفيتامينات

6-folic acid حامض الفوليك : - مهم لبناء الحامض الاميني met والأحماض النووية لذرة كاربون يكثر في الخضر واللحوم يؤدي نقصه إلى فقر الدم في نخاع العظم . يتحول حامض الفوليك إلى الشكل المختزل THF_4 والذي يعمل ناقلا لذرة كاربون واحدة.

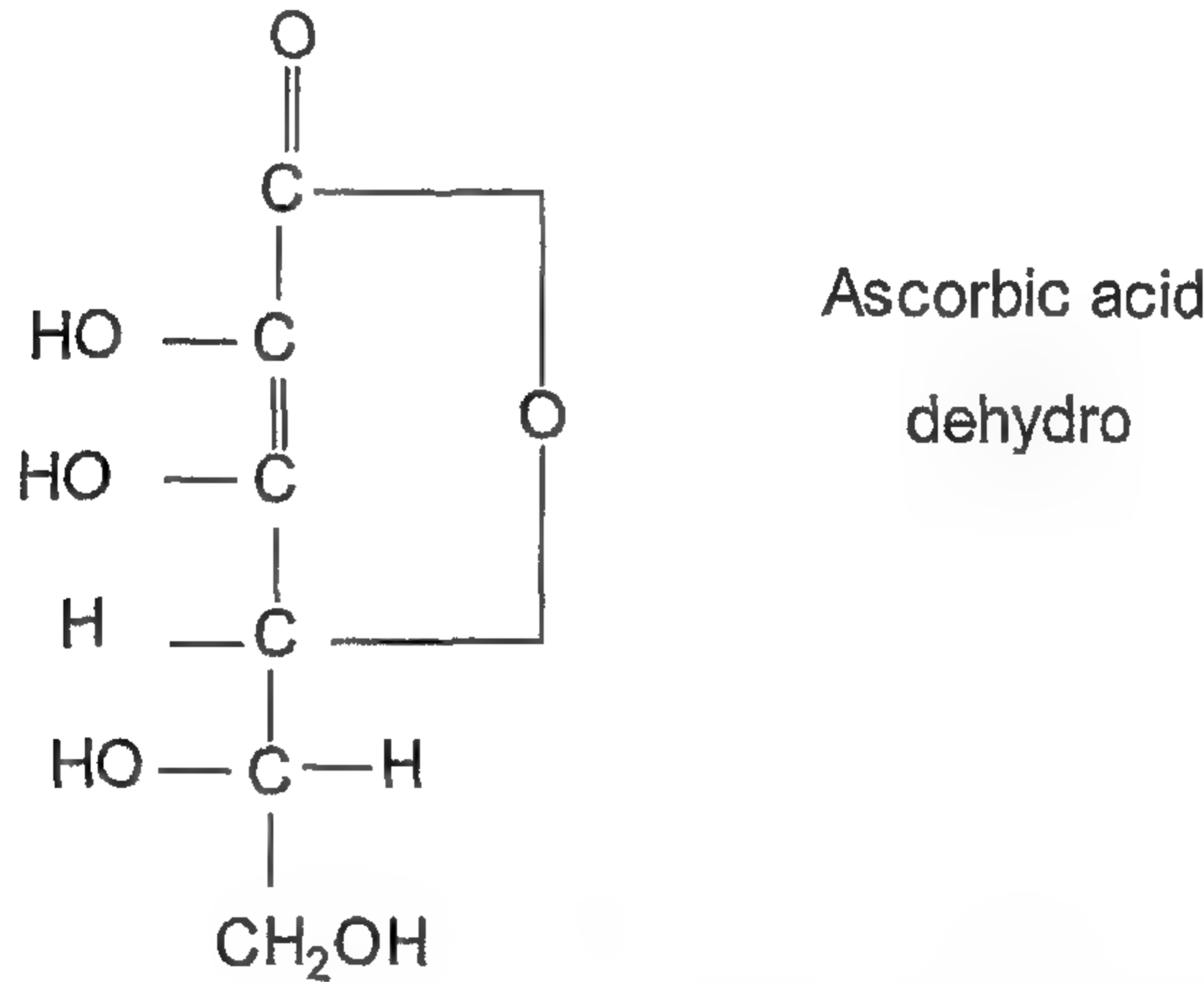
7 - Pantothenic acid يتحول حامض البانتوثيك في الجسم إلى COA أو ما يسمى أيضا COA-SH وأهميته هي نقل مجموعة الاسيتايل ونقل مجموعة الأسيل الدهنية يكثر حامض البانتوثيك في الحليب والبيض واللحوم والخميرة ونقصه يؤدي إلى اضمحلال القشرة الادرنالية والتهاب المعدة والأمعاء وسقوط الشعر وتحوله إلى اللون الأبيض .

8 - فيتامين الـ Biotin يعد هذا الفيتامين عامل مهم لنمو الخمائر وبعض البكتريا تأتي أعراض نقصه المتسببة من بياض البيض Anti-egg white injury factor بسبب تناول كميات كبيرة من بياض البيض دون صفارة التي تحتوي على بروتينات قاعدية تسمى Avidin مكونا معقدا كابتا الامتصاص البايوتين يشارك في الكثير من التفاعلات التي تحصل بها إضافة CO_2 في عملية carboxylation



التركيب الكيميائي للبايوتين

9 -فيتامين (C) Ascorbic acid يوجد بنوعين المؤكسد والمختزل والشكل المختزل يطلق عليه Ascorbic acid وهو الشكل الفعال له حيث تتأكسد بسرعة dehydro ascorbic ويتحول في الجسم إلى حامض اسكوربيك بواسطة الكلوتاثيون. ويعد فيتامين (c) كمادة مضادة للأكسدة وتشارك في كثير من التفاعلات الذي يتضمن إدخال مجموعة الهيدروكسيل إلى الحامض الأميني proline وتحويل الحامض الأميني phe إلى Tyr وله أهمية في توليد فيتامين (E) يكثر في الفواكه والحمضيات والطماطة يؤدي نقصه إلى مرض الاسكريوط أعراض نقصه تشقق اللثة ونزف الدم وتشوه الأسنان .



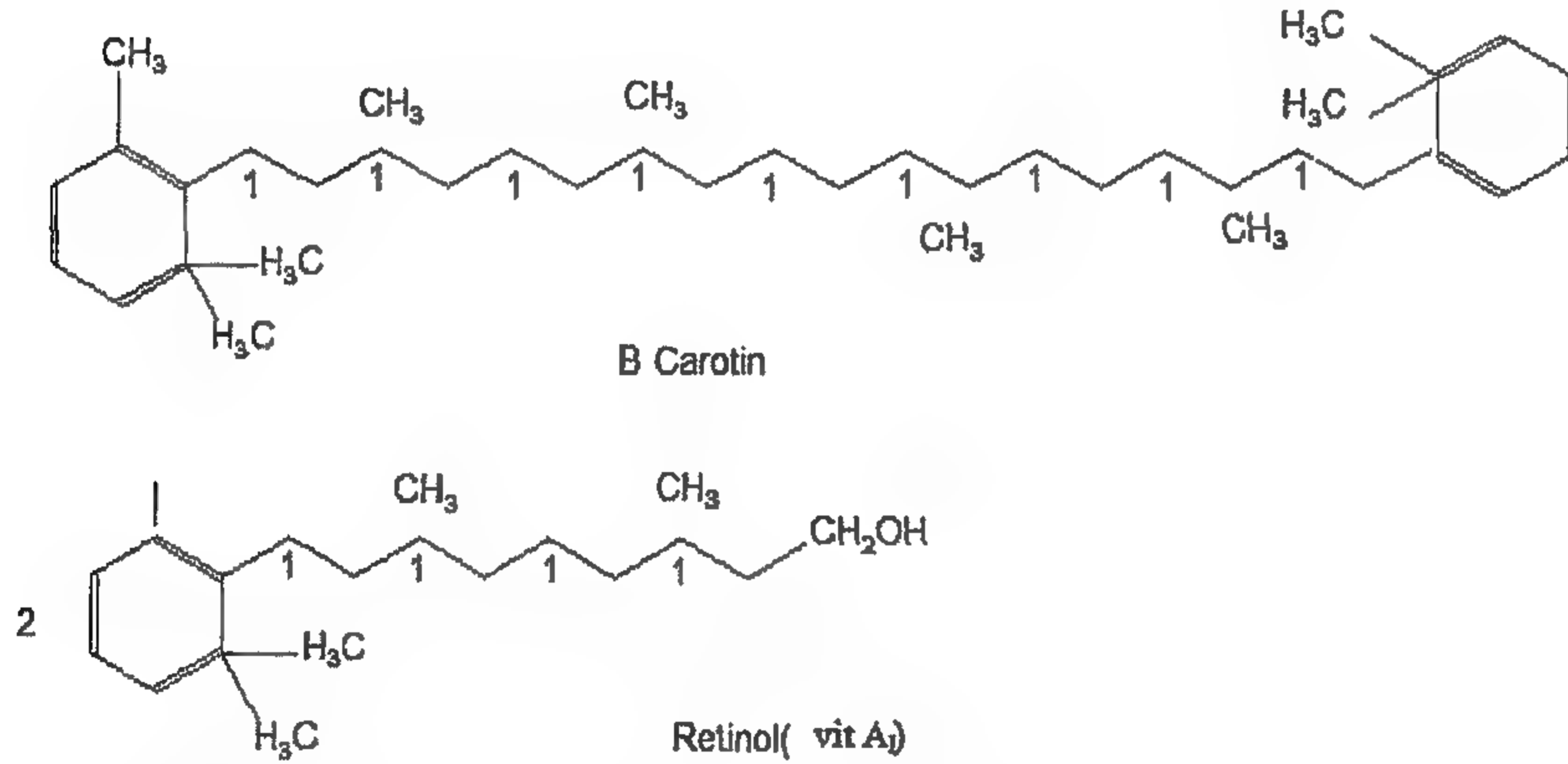
ب - الفيتامينات الذائبة في الدهن Fat soluble vitamins

تشمل هذه الفيتامينات فيتامين K,E,D,A وتعتبر من مشتقات الدهون وهي لا تعمل كمراافقات أنزيمية كما هو الحال في الفيتامينات الذائبة بالماء

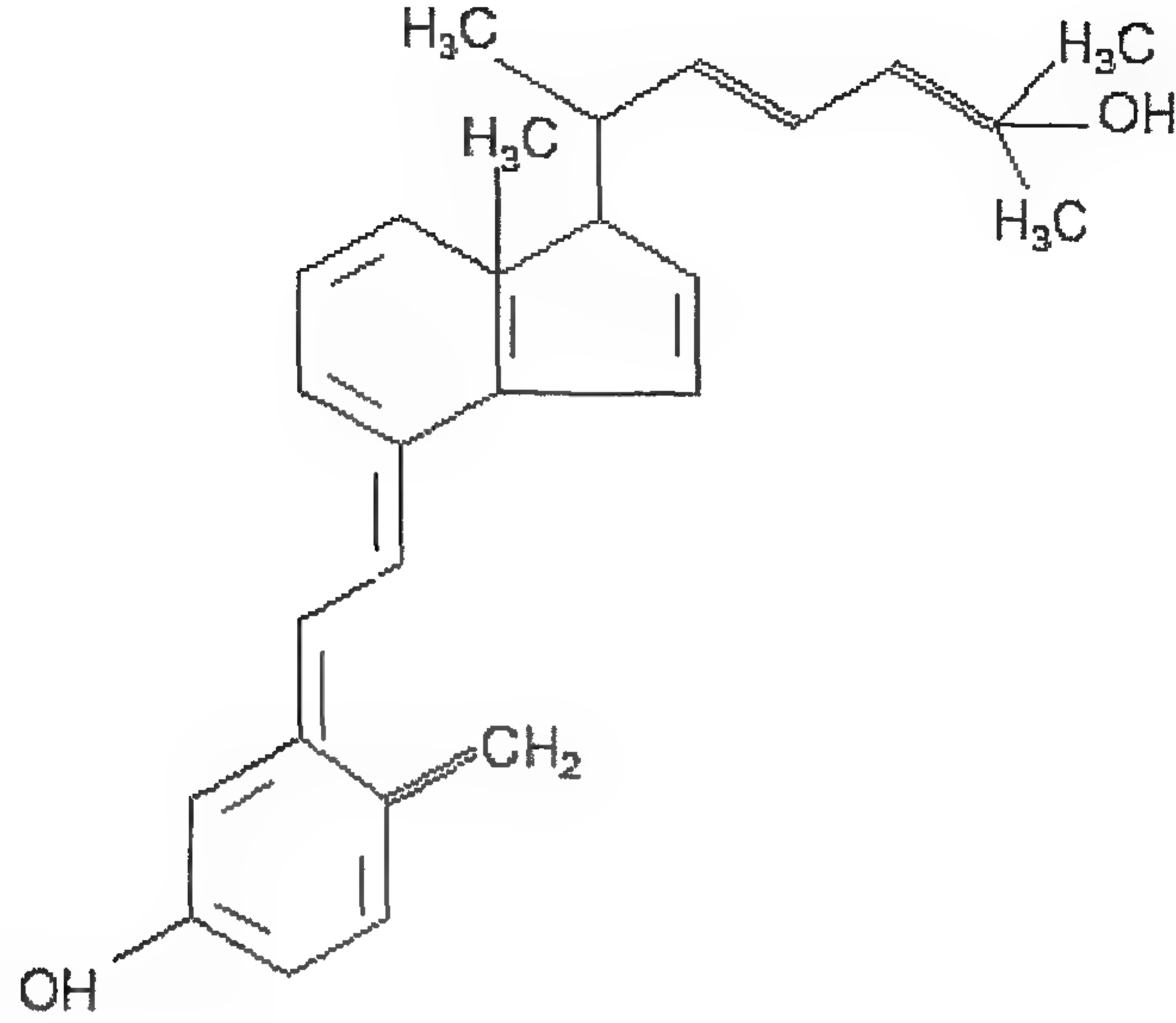
1 -فيتامين A: يحصل الإنسان على هذا الفيتامين بصيغته الأولية من النباتات على شكل B-caroten كما يحصل عليه بصيغته النهائية من المصادر الحيوانية. أن الـ B-caroten الموجود في الخضروات الصفراء

الفصل السادس: الفيتامينات

مثل فيتامين A بصيغته الأولية وان كل جزيء من B-caroten ينقسم في الأمعاء إلى جزيئين ريتينول Retinol أو ما يسمى vit AI ويتأكسد فيتامين AI إلى Retinal وان الأخير يقترن مع البروتين Opsin ليكون رودوبوسين Rhodopsin وهي الصيغة الحساسة للضوء والموجودة في شبكة العين. وهو ضروري لنمو الأنسجة الرابطة وفي التئام الجروح وامتصاص الحديد وفي بناء الهرمونات وهو مادة مضادة للتأكسد نقصه يؤدي إلى العشو الليلي والنقص الشديد يؤدي إلى جفاف قرنية العين والعمى التام وينتشر فيتامين A في الجزر والخضراوات والحليب والكبد والبيض والزبدة .



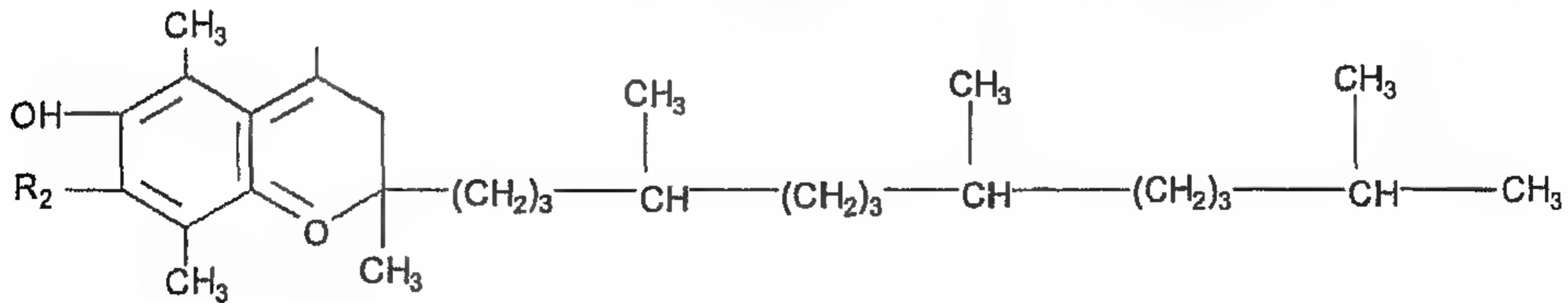
2 -فيتامين D: يدعى هذا الفيتامين بالفيتامين الشمسي Solar vitamin وذلك لان تكوينه يشتمل على تعريض مركبات الستيروول للأشعة فوق البنفسجية حيث يتكون فيتامين D₃ (Cholecalciferol) من الستيروول 7. ديهيدروكوليسترول والموجود في الجلد عند تعريضه للأشعة فوق البنفسجية ويتحول في الكبد إلى مركب آخر



Cholecalciferol(D₃)

ثم يتحول في الكلية إلى المركب المسمى (1,25 dihydroxy cholecalciferol) ومختصرة (1,25 DHCC) وهذا الأخير يمثل الشكل الفعال لفيتامين D ويعمل كهرمون أيضا وظيفته الأساسية تنظيم امتصاص الكالسيوم في الأمعاء ونقصه في الأطفال يؤدي إلى الإصابة بمرض الكساح أما في البالغين فنقصه يؤدي إلى تلين العظام والرخاوة يوجد بكثرة في زيت كبد الحوت وفي الحليب والزبدة والكبد .

3 -فيتامين E: يتألف هذا الفيتامين من مركبات التوكوفيرولات (Tocopherols) للأنواع α , β , γ ويكون النوع α هو الأكثر فعالية وتكمن أهمية هذا الفيتامين بكونه مادة مضادة للتأكسد antioxidant



الفصل السابع

النوكليوتيدات والأحماض النووية



7

مبادئ الكيمياء الحياتية

الفصل السابع

النيوكليوتيدات والأحماض النووية

Nucleotides' and nucleic acids

تعتبر النيوكليوتيدات الوحدات البنائية bulding blocks للأحماض النووية والنيوكليوتيدات هي جزيئات حيوية مهمة ذات وزن جزيئي قليل تتكون من قاعدة نيتروجينية (بيورينية أو بايريميدينية) + سكر خماسي رايبوزي أو دبوكسي رايبوزي + مجموعة فوسفات (حامض الفسفوريك) .

تكمن أهمية النيوكليوتيدات في أنها الوحدات الأساسية للحامضين النوويين DNA و RNA كما تساهم بنقل الطاقة الكيميائية من التفاعلات التي تنتج الطاقة إلى التفاعلات التي تحتاج إلى طاقة كما أن القسم الآخر يعمل كمراافقات أنزيمية مثل NAD و NADP و FAD كما تعمل النيوكليوتيدات كمركبات وسطية في التكوين الحياتي للكربوهيدرات والدهون المعقدة ويعمل أيضا (CAMP) الحلقي كوسيط لعدد كبير من الهرمونات والذي يدعى المرسل الثانوي (second messenger)

القواعد النتروجينية :-

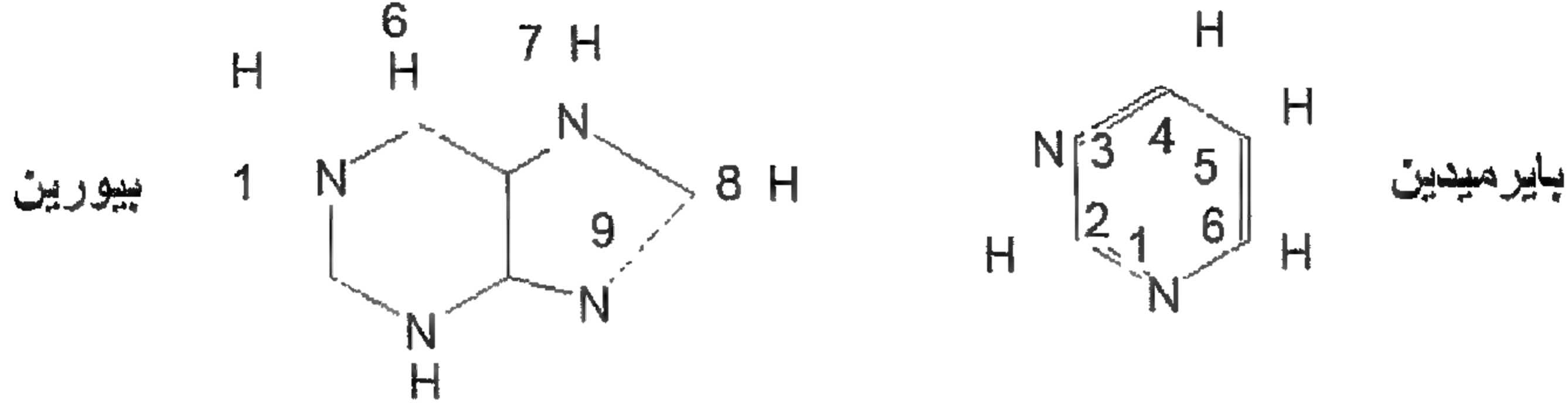
هناك قاعدتان نايتروجينيتان تدخلان في تركيب الأحماض النووية DNA و RNA وهما :-

1. القواعد البيورينية وتشمل الادنين Adenine (A) والكوانين Guanine (G) .

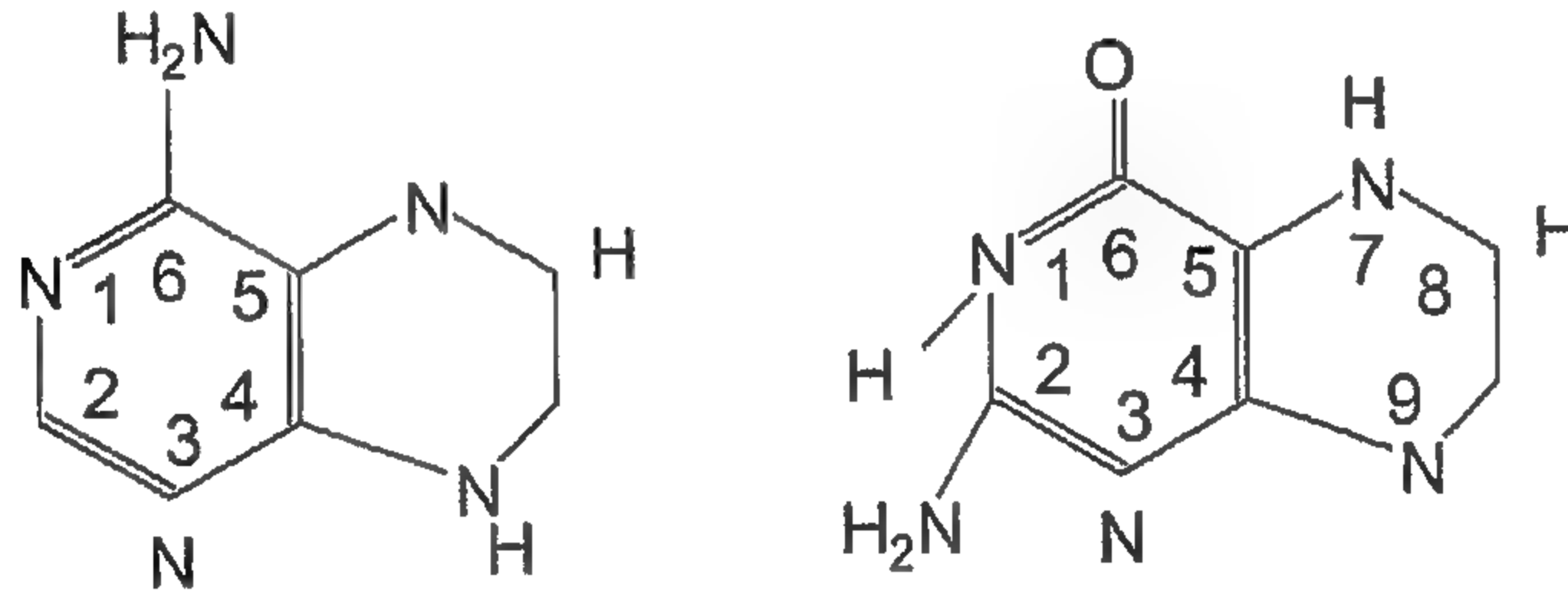
2. القواعد البايريميدنية وتشمل الساييتوسين (C) واليوراسيل (U) والثايمين (T)

مبادئ الكيمياء الحياتية

وتتكون القواعد البيورينية من حلقتين غير متجانستين كما موضح



يوجد الـ Adenine و Guanine وهما من القواعد البيورينية في كل من DNA و RNA على حد سواء ويوجد كذلك الـ Cytosine كقاعدة بايرميدنية في DNA و RNA أما بقية القواعد البايرومدنية وهما uracil و Thymine فيوجد الأول أي (u) في RNA بينما يوجد الثاني في DNA والأشكال التالية تمثل التركيب الكيميائي للقواعد النيتروجينية البيورينية والبايريميدنية .

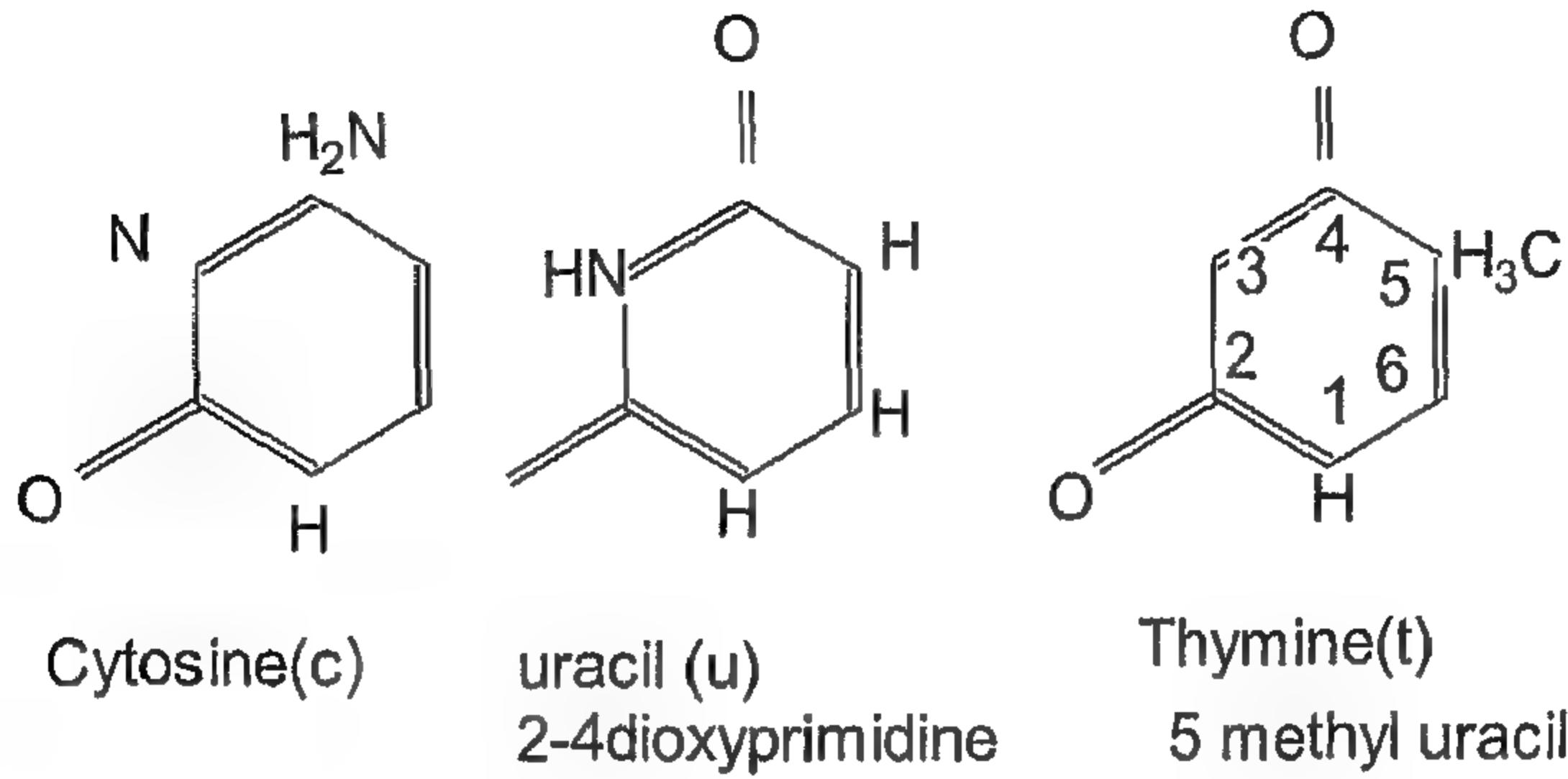


(A)Adenine)

اما الاسم النظامي فهو (2-amino -6-oxy purine) (6-amino purine)

اما قواعد البايروميدين الرئيسية فهي كما موضح في الرسم : -

الفصل السابع: النيوكليوتيدات والأحماض النووية



هناك اثنان من القواعد البيورينية هما الزانثين xanthine وهايپوزانثين Hypoxanthine والموجودان كمركبات وسطية ناتجة من العمليات الأيضية للادنين . وهناك قواعد بيورينية وباريمدنية أخرى توجد بنسبة ضئيلة في الأحماض النووية للبكتريا والفايروسات وهما مثل 7- 5-hydroxy methyl cytosine , methyl Guanine ,5-methyl cytosine

النيوكليوسيدات Nucleosides

هي عبارة عن قاعدة نيتروجينية Nitrogen base + سكر خماسي رايبوزي أو ديوكسي رايبوزي ويشترك اسم النيوكليوسيدة من اسم القاعدة النيتروجينية الداخلة في تركيبها فمثلا .

Adenine + pentose suger (Ribose) = Adenosine أدنيوسن

Guanine + pentose suger (Ribose) = Guanosine كوانوسين

Cytosine + pentose suger (Ribose) = cytidine سايتدين

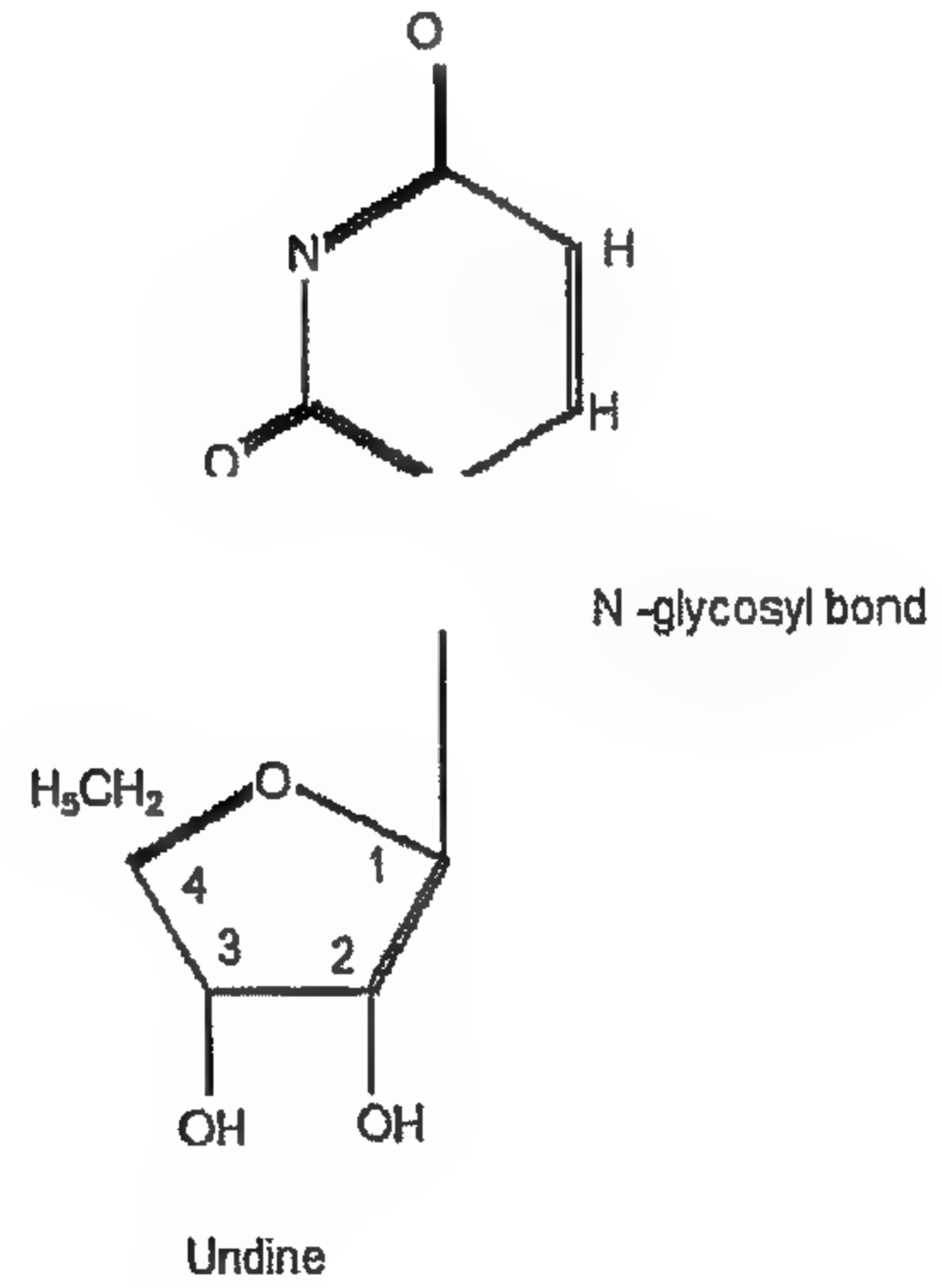
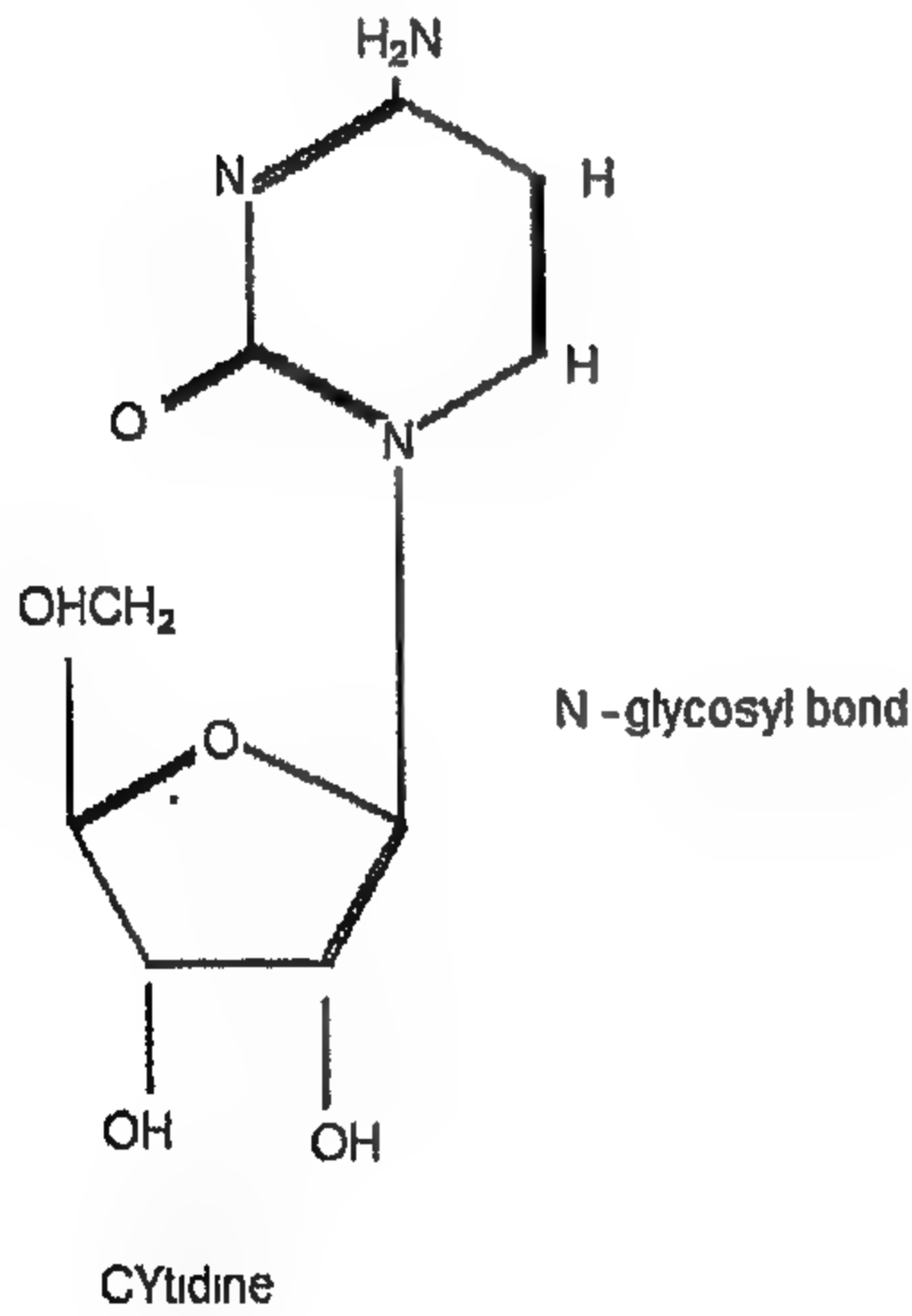
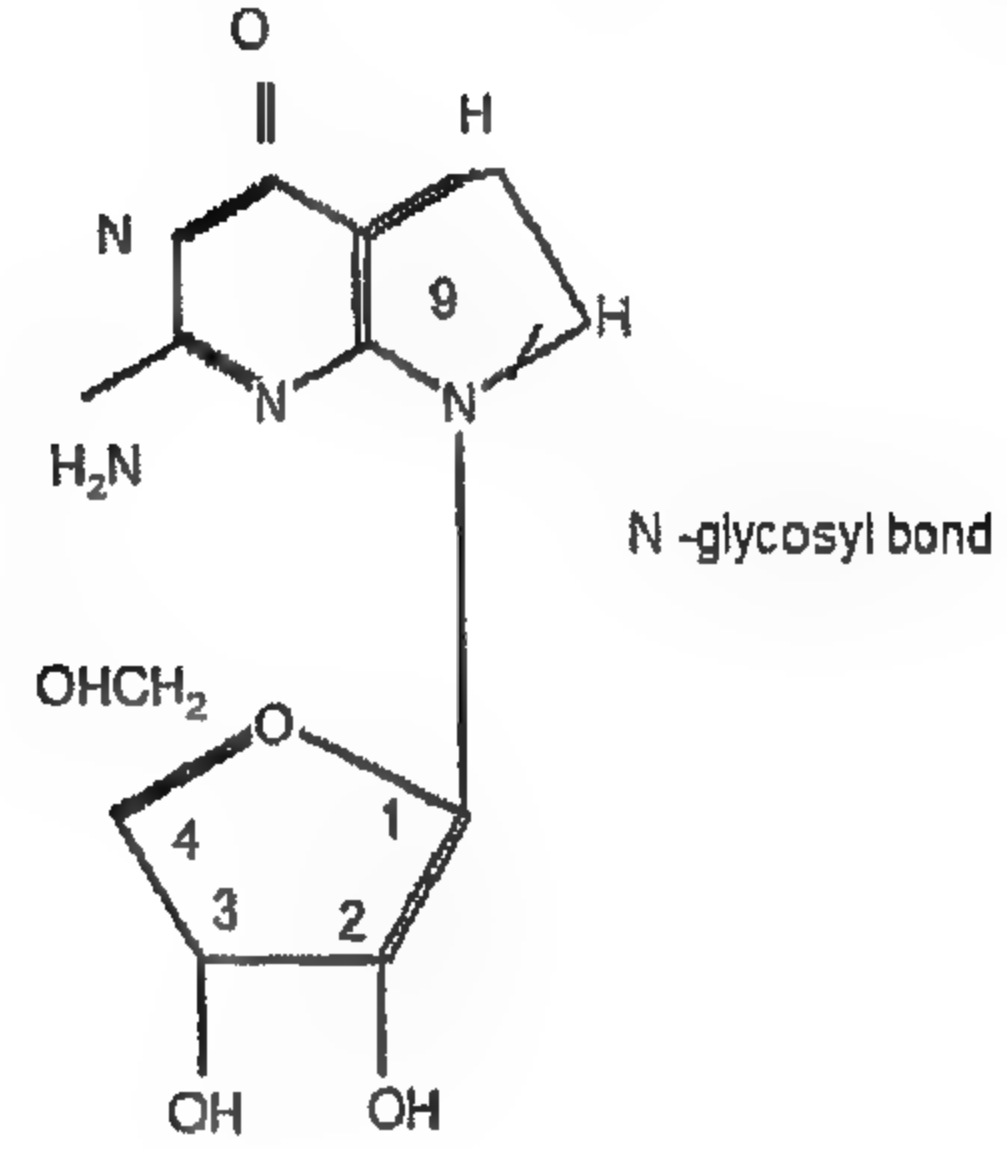
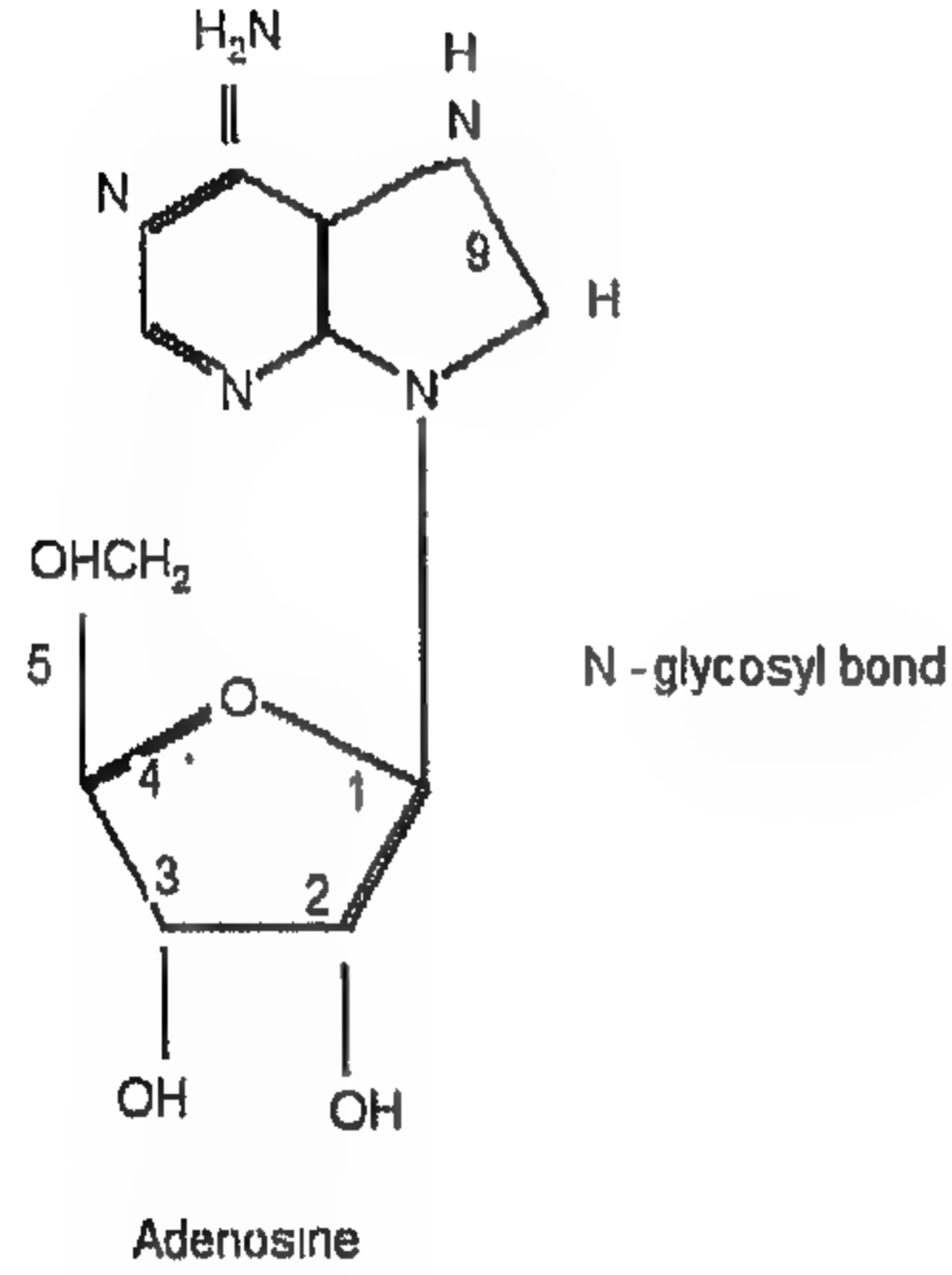
Uracil + pentose suger (Ribose) = Uridine يوريدين

Thymine + pentose suger (Ribose) = thymidine ثايميدين

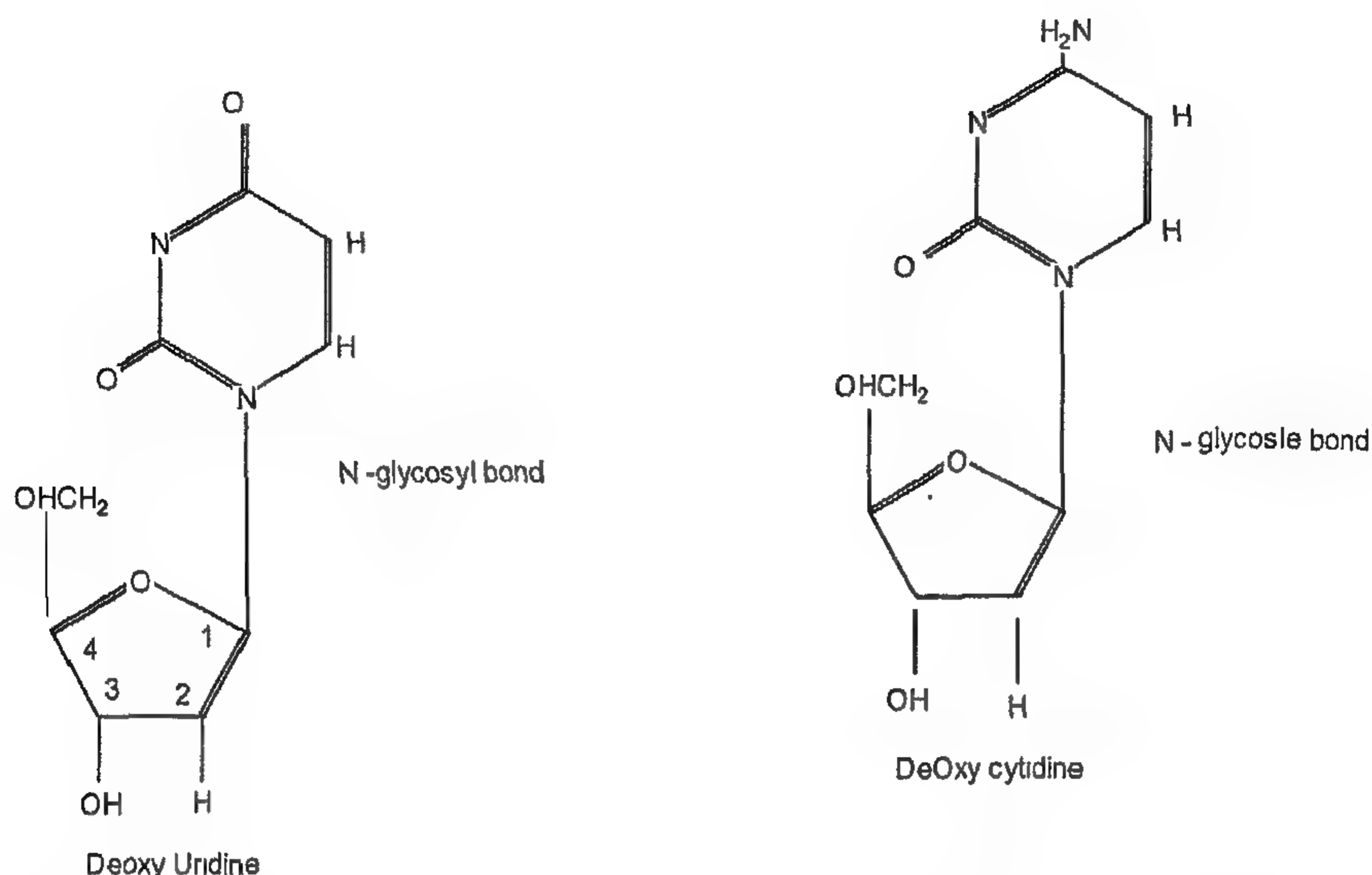
في حالة البيورينات يكون الارتباط ما بين القاعدة النيتروجينية والسكر الخماسي بأصرة من نوع N-glycosylbond ما بين ذرة النيتروجين رقم (9) وذرة الكربون رقم (1) للسكر الرايبوزي .

مبادئ الكيمياء الحياتية

اما في حالة البريميدينات فيكون الارتباط ما بين ذرة النيتروجين رقم (1) وذرة الكربون رقم (1) للسكر الخماسي الرايبوزي وتسمى ايضا N-glycosylbond ويمكن توضيح النيوكليوسيدات الوارد ذكرها اعلاه كما هو مبين في الاشكال اللاحقة .



الفصل السابع: النيوكليوتيدات والأحماض النووية



التركيب السابقة في الشكل اعلاه تمثل النيوكليوسيدات الشائعة ويتضح من التركيب المذكوره ان هناك آصرة هي من نوع N-glycoylbond كما ذكرنا سابقا ترتبط ما بين ذرة النيتروجين رقم (9) وذرة الكربون الكربون رقم (1) في حالة البيورينات ، اما في حالة البايريميدينيات فيكون الارتباط ما بين ذرة النيتروجين رقم (1) وذرة الكربون رقم (1). وان العلامة () فوق ذرات الكربون للسكر الرايبوزي وضعت مجرد للتمييز بينها وبين القواعد النيتروجينية اما اذا كان السكر الريبوزي من نوع deoxy اي يكون منقوص الأوكسجين على ذرة الكربون رقم (2) قيضاف المقطع deoxy قبل اسم النيوكليوسيدة فمثلا تسمى deoxy guanosine او deoxy adenosine او Deoxy cytidine وهكذا بالنسبة للبقية .

النيوكليوتيدات Nucleotide

هي عبارة عن نيوكليوسيدة مفسفرة اي تتكون من قاعدة نيروجينية +سكر خماسي+مجموعة فوسفات واحدة او اثنان او ثلاثة فاذا كانت مجموعة

مبادئ الكيمياء الحياتية

فوسفات سميت نيوكليوتيدة احادية واذا كانت مجموعة فوسفات سميت نيوكليوتيدة ثنائية واذا كانت ثلاثة مجموعات سميت نيوكليوتيدة ثلاثية .

يرتبط حامض الفسفوريك (مجموعة الفوسفات) بأصرة استيرية مع السكر الرايبوزي او الديوكسي رايبوزي على ذرة الكربون رقم (5) او (3) ولكن النيوكليوتيدات الشائعة ترتبط فيها مجموعة الفوسفات مع ذرة الكربون رقم (5) ان جميع النيوكليوتيدات المحتوية على فوسفات هي عبارة عن أحماض وذلك بسبب قابلية ذرات الهيدروجين في مجموعة الفوسفات للتاين وهكذا فان النيوكليوتيدة تسمى باسم الحامض الذي يشتق منها فمثلا:

(حامض الادينيليك) ادينوسين احادي الفوسفات Adenosine mono phosphate AMP=A

GMP=Guanosine mono phosphate (حامض الكوانيليك) كوانسين احادي الفوسفات

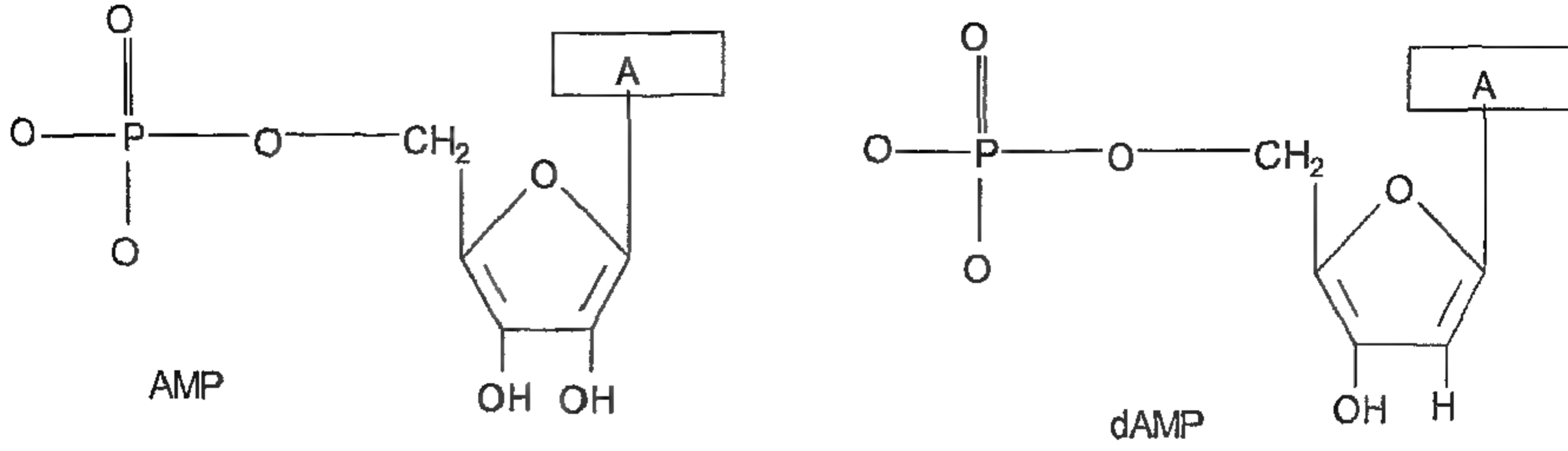
CMP=cytidine mono phosphate (حامض الساتيديليك) ساتيدين احادي الفوسفات

UMP= Urdine mono phosphate (حامض اليوريديليك)يوريدن احادي الفوسفات

TMP=Thymidine mono phoshate (حامض الثايميديلك)

وعلى نفس الاساس الذي رسم من الشكل المبين يمكن كتابة التركيب الكيميائي للاشكال الاخرى الوارد ذكرها اعلاه يمكن اضافة الحرف (d) قبل المختصر في حالة اذا كان السكر الرايبوزي منقوص الأوكسجين

الفصل السابع: النيوكليوتيدات والأحماض النووية

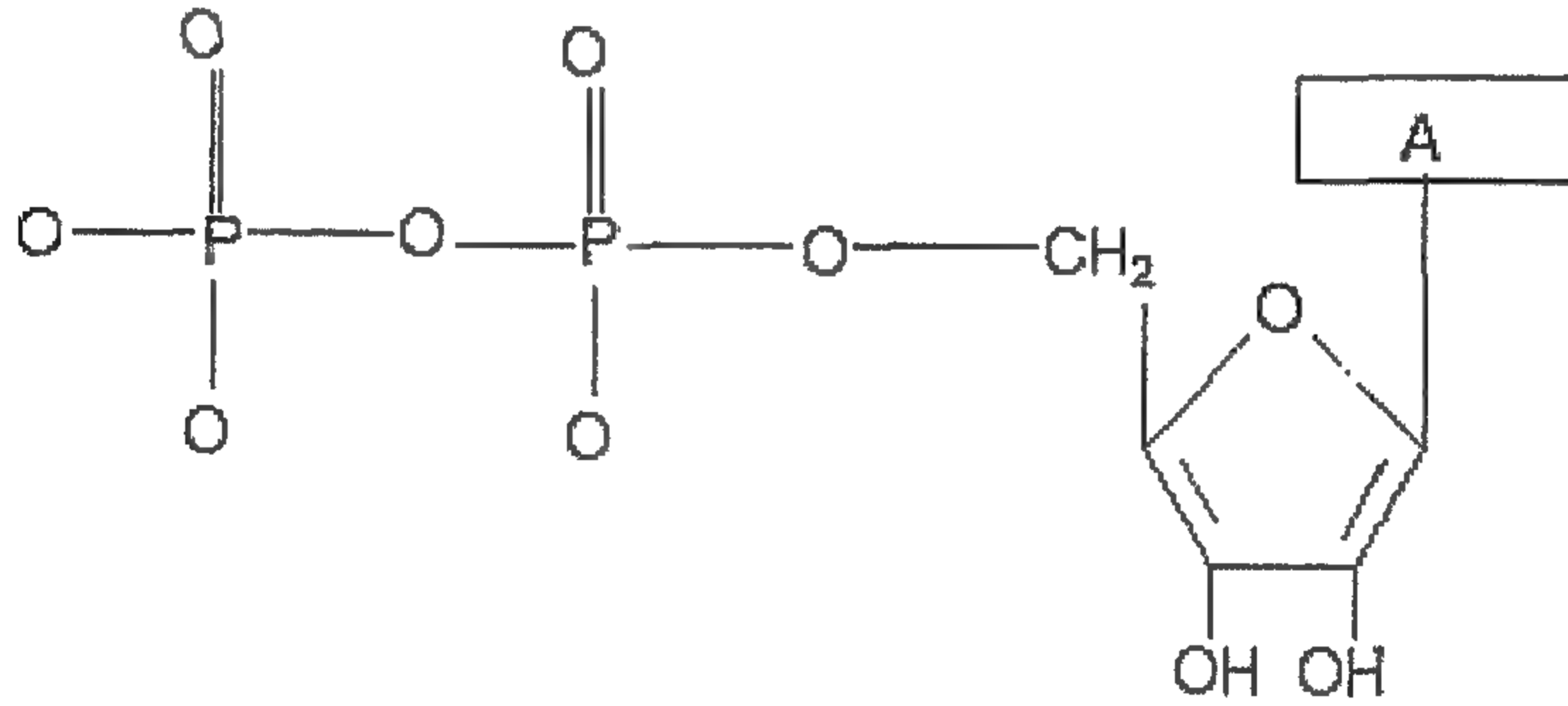


حامض الادينيلك

اي يصبح dAMP و dGMP و Dump و dTMP اذا كانت هناك مجموعتا فوسفات سوف تكون النيوكليوتيدة ثنائية وتختصر كمايلي ADP Adenosine diphosphate و GDP Guanosine diphosphate و TDP Thymidine diphosphate .

ويمكن توضيح التركيب الكيميائي حسب المثال التالي :

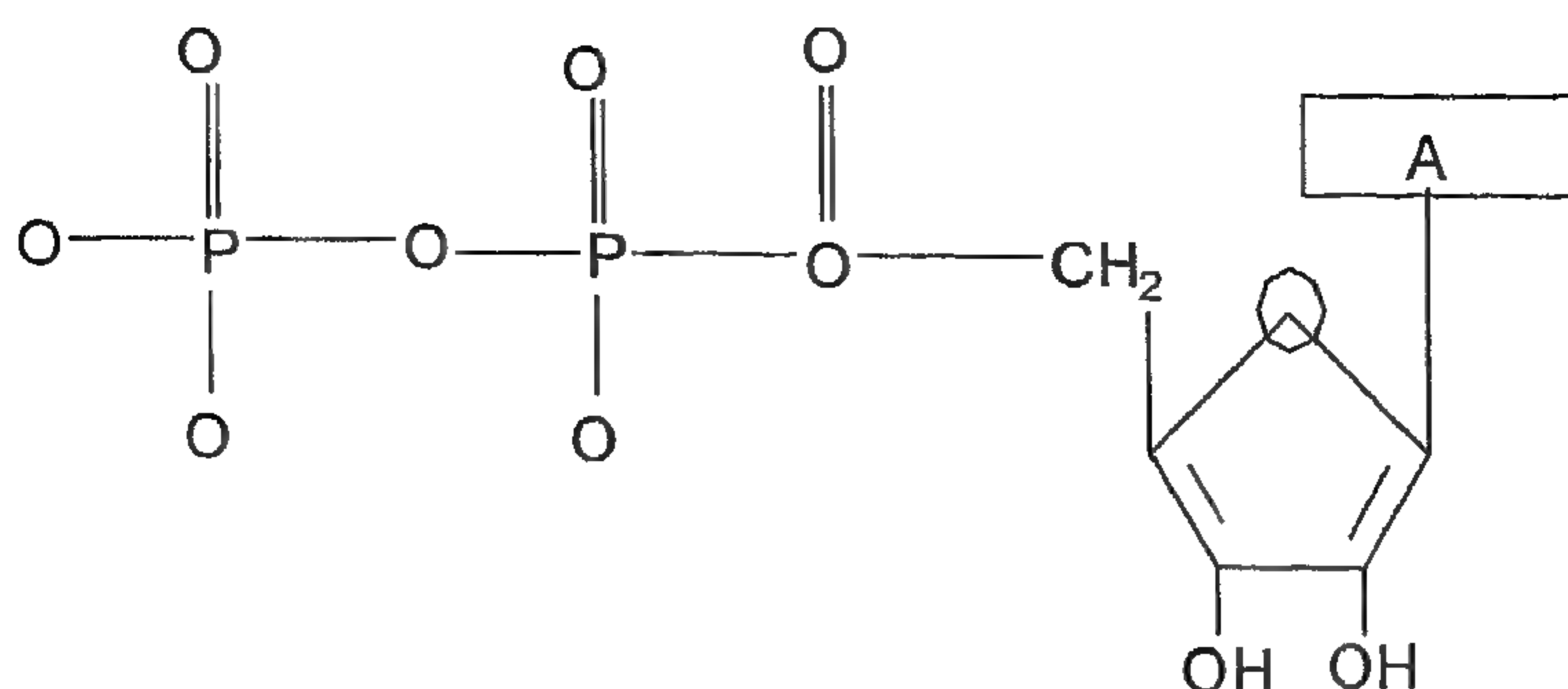
ان الأصرة مابين المجاميع الفوسفاتية تسمى بالأصرة الفوسفاتية :



Adenosine diphosphate

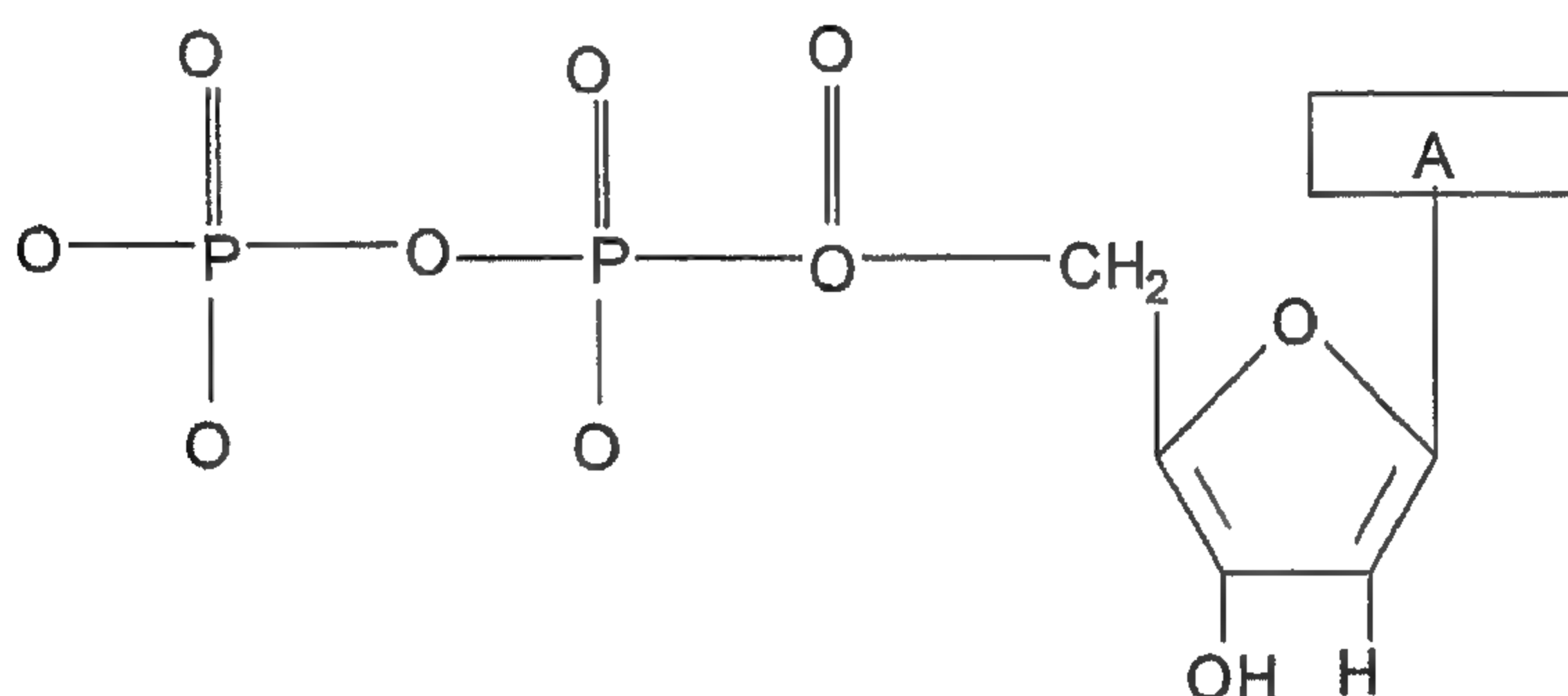
اذا كان السكر الخماسي منقوص الأوكسجين فسوف يضاف ايضا الحرف (d) قبل المختصر لكي يصبح dADP ADP Adenosine di phosphate و dGMP و dCDP و dTDP اما اذا كانت هناك ثلاث مجاميع فوسفاتية فسوف تسمى النيوكليوتيدة بالثلاثية اي ATP و GTP و CTP و UTP و TTP وكما موضح في الشكل التالي :-

مبادئ الكيمياء الحياتية



ATP

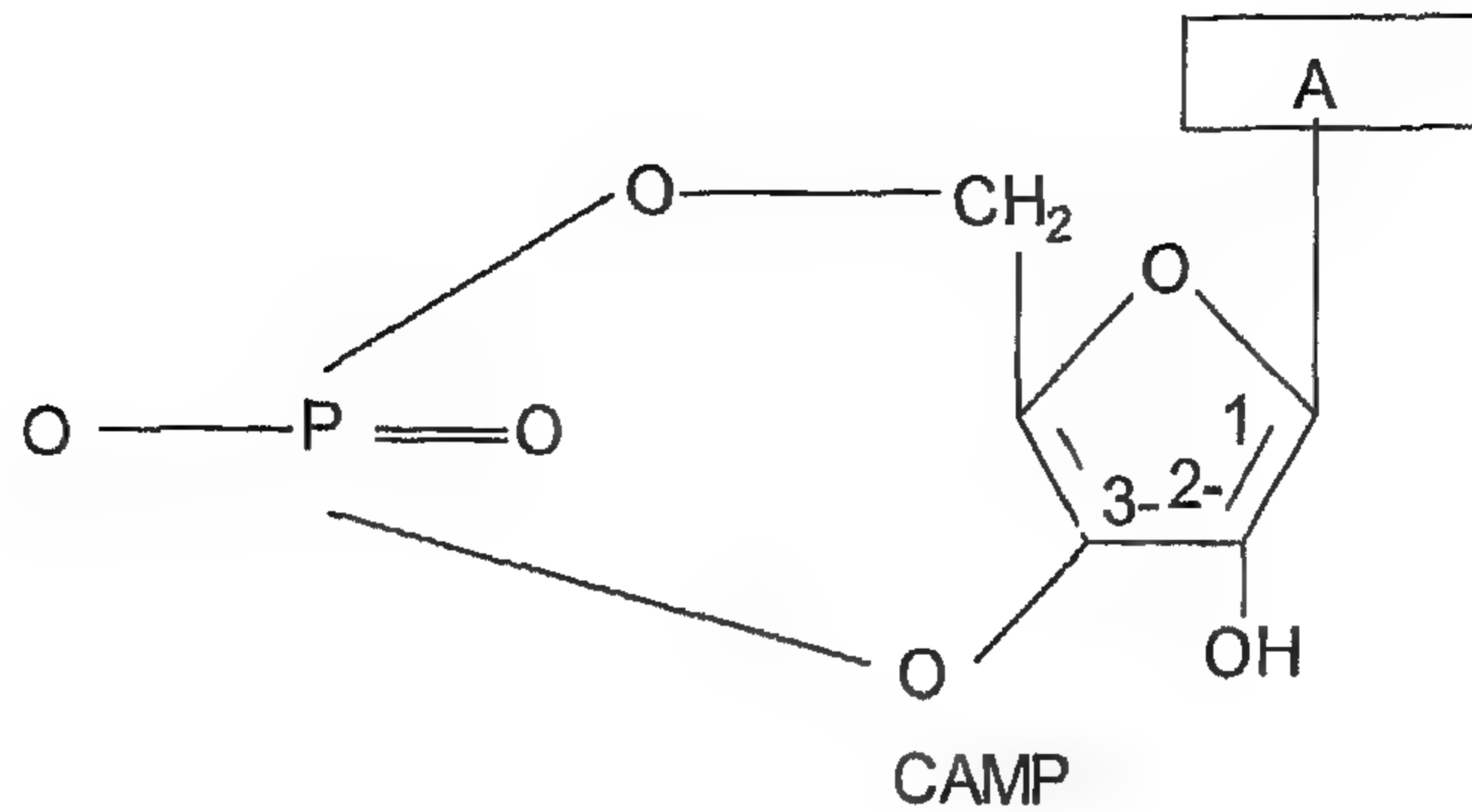
وإذا كان السكر الرايبوزي منقوص الأوكسجين فسوف تكون
 النيوكليوتيدة كما موضح في الشكل التالي dTTP , dUTP, dCTP, dGTP,
 dATP, dATP



dATP

من مشتقات النيوكليوتيدة المهمة هو المركب 3^- , 5^- ادينوسين مونر
 فوسفات الحلقي (Cyclic AMP (CAMP حيث تعمل هذه النيوكليوتيدة
 المشتقة كمرسل او مخبر كيميائي تتحكم بسرعة التفاعلات الأنزيمية داخل
 الخلايا لعدد كبير من الانسجة . وتوجد في الخلية نيوكليوتيدات اخرى تلعب
 دورا مهما في العمليات الايضية مثل FMN و FAD و NAD

الفصل السابع: النيوكليوتيدات والأحماض النووية

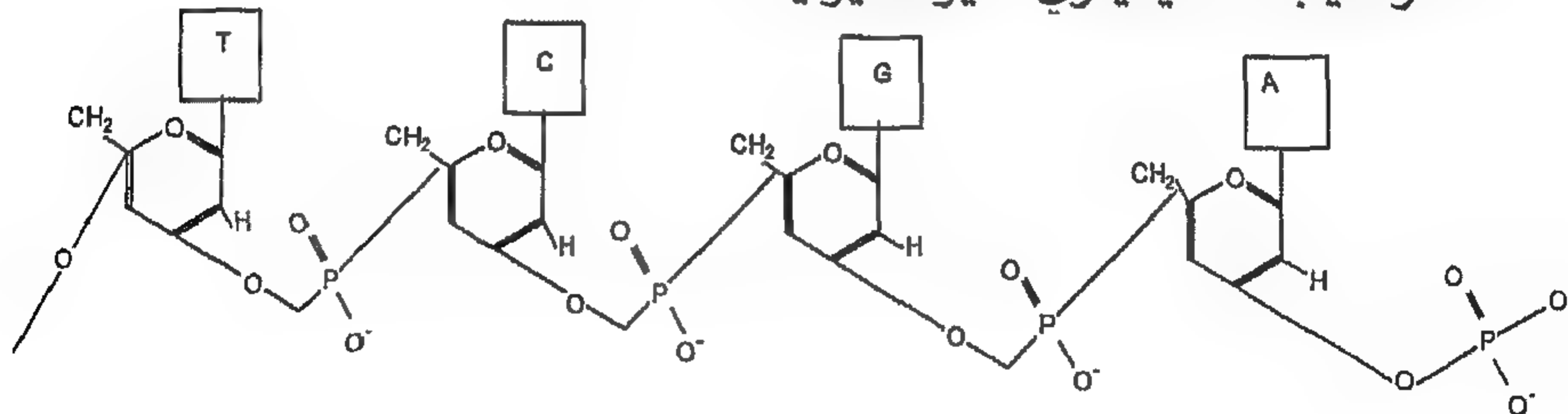


الأحماض النووية Nucleic acids

تتكون الأحماض النووية من وحدات متكررة من النيوكليوتيدات الأحادية Repeated units of mono nucleotides والمرتبطة مع بعضها بواسطة أوأصر فوسفاتية ثنائية الاستر diester phosphate bonds حيث تتكون هذه الآصرة ما بين ذرة الكربون رقم 1 للسكر الخماسي الاول مع ذرة الكربون رقم 5 للسكر الخماسي الاخر وهكذا تستمر السلسلة المكونة من عدة مئات من النيوكليوتيدات الأحادية .

هناك نوعان من الأحماض النووية وهما RNA والذي يعني Ribo nucleic acid و Deoxy ribo nucleic acid ويمكن رسم التركيب الكيميائي للحامضين المذكورين كما هو موضح في الاشكال التالية :

التركيب الكيميائي للنيوكليوتيدات المتعددة الـ DNA



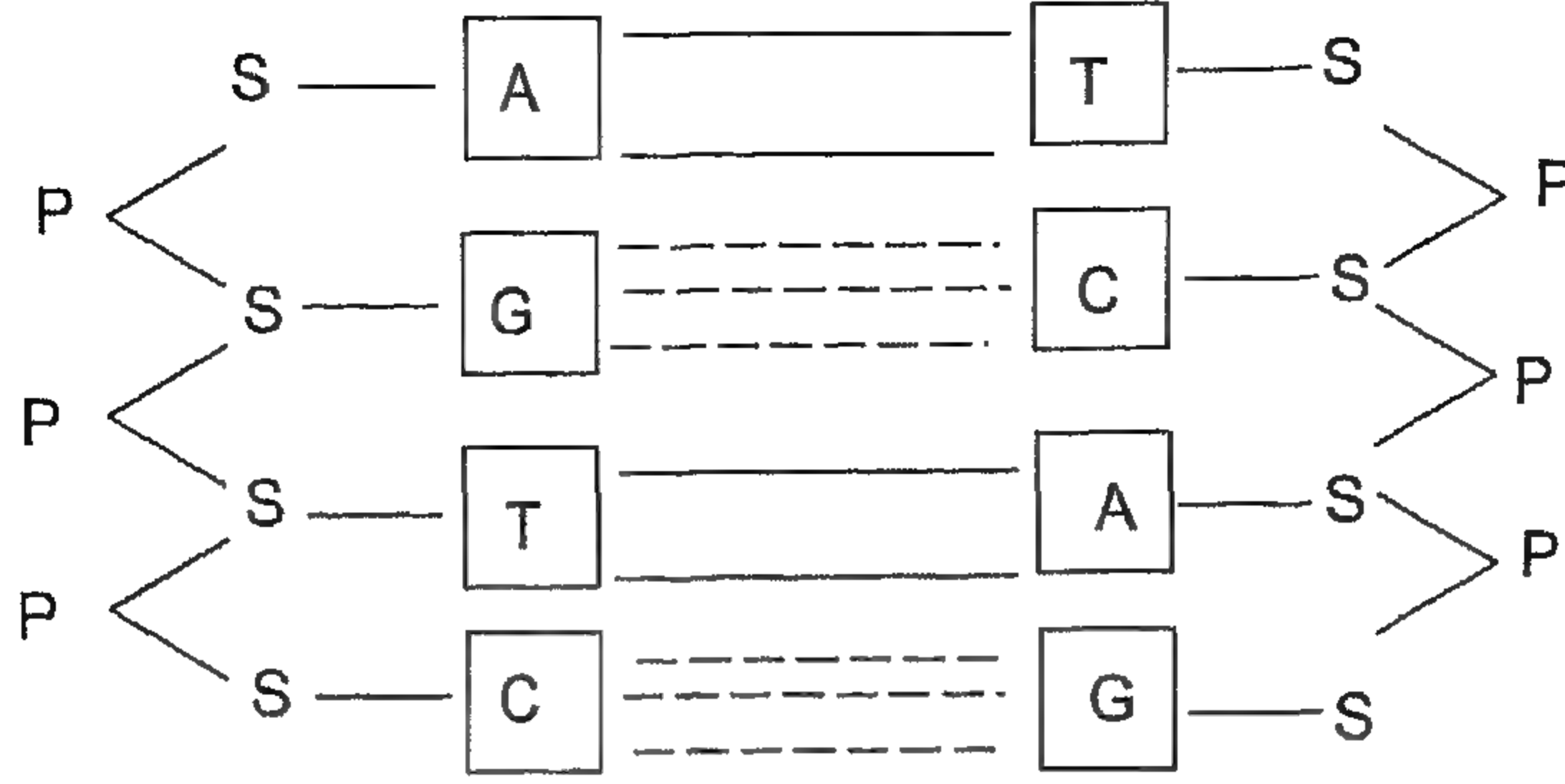
التركيب الكيميائي للـ DNA

الحامض النووي DNA

تم عزل ودراسة الـ DNA لأول مرة من قبل العالم السويسري F.Miesher سنة 1868 حيث حصل عليه من الحيوانات المنوية للأسماك ومن الخلايا المتقيحة والتي تكون عادة غنية جدا بالـ DNA الا ان الصورة الواضحة التي نعرفها اليوم عن الـ DNA لم تكتمل الا من قبل العالم جاركوف سنة 1950 حيث لاحظ بان النيوكليوتيدات البيورينية فيه مطوية مع للنوكليوتيدات البايريميدينية كما ان كمية Adenine مساوية لكمية الثايمين Thymine وكذلك فان السيتوسين cytosine مساوي لكمية Guanine ويقترن A=T باصرتين هيدروجنتين بينما يقترن G=C بثلاثة أواصر هيدروجينية كما ان جزيئة الـ DNA تتكون من سلسلتين نيوكليوتيدين طويلتين مثبتة مع بعضها بواسطة الأواصر الهيدروجينية بين وحدات القواعد النتروجينية المتفاعلة .

لقد افترض العالمان Watson و Crick سنة 1953 نموذجا ثلاثي الابعاد لتركيب الـ DNA تتكون من سلسلتين حلزونيتين من متعدد النيوكليوتيدات ملتفتين حول محور واحد لتكون حلزون مزدوج Double helix وان هاتين السلسلتين تسيران باتجاهين متعاكسين (غير متوازيين) وان قواعد الييورين والبايريميدين لكل سلسلة تكون مرتبة الى الداخل من الحلزون المزدوج وان قواعد السلسلة الاولى تقترن بالمستوى نفسه مع قواعد السلسلة الثانية ويتم الاقتران بين القواعد التي تتلائم فقط داخل هذا التركيب بواسطة الأواصر الهيدروجينية وان هذه الأواصر سوف تعطي لجزيئة الـ DNA اعظم ثبات واستقرار stability ان سلسلتي متعدد النيوكليوتيد للحلزون المزدوج في الـ DNA لا تكون متماثلة بالنسبة لتسلسل قواعدها ولكن تكون متتامة complementary مع بعضها البعض الاخر فاينما يكون الـ cytosine يكون الـ Guanine مقابلا بالسلسلة الاخرى واينما يكون الـ Adenine يكون Thymine مقابلا له بالسلسلة الاخرى والعكس بالعكس

الفصل السابع: النيوكليوتيدات والأحماض النووية



(تركيب الحلزون المزدوج للـ DNA)

تغير الصفات الطبيعية (المسخ) DNA Denaturation

يكون الحلزون المزدوج الطبيعي لجزيء الـ DNA ثابتا تماما عند رقم هيدروجيني معين وهو 7.0 وعند درجة الحرارة الاعتيادية ولكنه يعاني وبصورة سريعة تغيرا في التوائاته الحلزونية وانعدامها في ترتيبها عندما يتعرض إلى زيادة كبيرة جدا في قيمة الرقم الهيدروجيني ودرجات حرارة تتراوح بين 70 - 80 أو عند تعرضه إلى تركيز عالي من الكحول واليوريا وبما ان هذه العوامل مشابهة لتلك العوامل المسببة لتغير الصفات الطبيعية للبروتينات وفك التوائاتها لذا فقد تم الاستنتاج بان الحلزون المزدوج يعاني من هذه العملية ايضا وان الـ DNA الطبيعي يكون ثابت بقوتين هما الآصرة الهيدروجينية والآصرة الكارهة للماء. واذا حدث وان اعيقت هاتين الاصرتين او احدهما فان ذلك سوف يؤدي إلى تفكك التواءات الحلزون المزدوج بحيث تصبح مبعثرة غير مرتبة .

الحامض النووي الرايبوزي Ribonucleic acid RNA

يتكون هذا الحامض من سلسلة متعدد النيوكليوتيد التي تتكون من القواعد النيتروجينية A, G, C, U والسكر الخماسي الرايبوزي كامل الأوكسجين ، تكون جزيئات الـ RNA في الخلية الحية بثلاثة اشكال هي

messenger RNA mRNA transfer RNA tRNA ,rRNA,Ribosomal RNA
في الخلايا البكتيرية يكون معظم الـ RNA منتشرا في الساييتوبلازم اما في
الخلايا حقيقية النواة فيكون منتشرا في النواة والساييتوبلازم والميتوكوندريا.

الحامض النووي الرايبوزي المخر Messenger RNA

يؤلف 5 - 3% من الـ RNA الخلوي ، ان كل جزيء mRNA يحمل شفرة
تحدد تكوين نوع واحد من البروتين غير ان هناك جزيئات mRNA تحمل شفرة
تحدد تكوين اكثر من واحد من البروتين وهذا يدعى (poly cistronic mRNA)
وتتكون جزيئات الـ mRNA داخل نواة الخلية بالية معينة بحيث يكون تسلسل
القواعد النتروجينية في الـ mRNA متطابقا مع تسلسل القواعد النتروجينية في
سلسلة الحامض DNA ثم تعبر بعد ذلك جزيئات mRNA الى مواقع تكوين
البروتين في الساييتوبلازم بحيث تحدد تعاقب الأحماض الامينية خلال عملية
تكوين البروتينات وتحوي جزيئات الخلية الواحدة على عدة مئات من جزيئات
mRAN فمثلا يوجد حوالي 1000 جزيئة mRAN في بكتريا E.Coli

Transfer RNA tRNA

يؤلف حوالي 10 - 15% من RNA الكلي للخلية ويوجد بشكل خاص في
الساييتوبلازم يعمل الـ tRNA على نقل الأحماض الامينية الى مراكز تكوين
البروتين .بحيث يتخصص tRNA واحد على الاقل لكل حامض اميني وقد يصل
عدة جزيئات tRNA في الخلية الى عدد الاف وتحوي جزيئة الـ tRNA على
نيوكليوتيدات غير شائعة ونادرة تساعد في تخصص الـ tRNA حيث ان لجزيء
tRNA تركيب ثلثي تتضمن مناطق حلزونية والتفافات وبصورة عامة فان
السلسلة النيوكليوتيدية لجزيئة tRNA تكون تركيبا له شكل ورقة البرسيم
Clover leaf بحيث يعطي له ثباتا واستقرارا عاليا وذلك لاحتوائه على اعلى درجة
للتاصر الهيدروجيني .

Ribosomal RNA rRNA

يؤلف حوالي 80% من تركيب الرايبوسومات هي مواقع تصنيع البروتين وتتألف الرايبوسومات عموماً من وحدتين ثانويتين مختلفتين في الحجم تعملان كوحدة متكاملة في التكوين الحياتي للبروتينات ويحوي تركيب كل من هاتين الوحدتين على rRNA والذي يؤلف أكثر من النصف بينما يؤلف البروتين الجزء المتبقي وتحتوي الوحدة الثانوية الصغيرة للرايبوسوم على جزيء rRNA واحد وعدد من البروتينات بينما تحتوي الوحدة الكبيرة على جزيئين rRNA وعدد من البروتينات ويحوي rRNA على قواعد نيتروجينية غير شائعة وله تركيب ثلاثي ويحتوي في تركيبه على مناطق لحلزون مزدوج وآخر منفرد كما أن rRNA يشكل أغلب سطح الرايبوسومات وهذا يسهل تداخله مع مكونات الـ RNA الأخرى الضرورية لتصنيع البروتين .

أهم الفروقات بين DNA و RNA

DNA	RNA
1. يتكون من القواعد T, C, A, G	1. يتكون من القواعد U, C, A, G
2. يدخل في تركيب السكر الخماسي الرايبوزي منقوص الأوكسجين	2. يدخل في تركيب السكر الخماسي الرايبوزي
3. يتمركز في النواة	3. يتمركز في الساييتوبلازم
4. يشارك بعملية نقل المعلومات الوراثية	4. يشارك بعملية تصنيع البروتين
5. يوجد بنوع واحد	5. توجد بثلاثة أنواع

الفصل الثامن

الطاقة الحياتية



8

مبادئ الكيمياء الحياتية

الفصل الثامن

Bioenergetics الطاقة الحياتية

يقصد بها دراسة تحولات الطاقة في الكائنات الحية والطاقة هي القابلية على انجاز شغل وتستهلك الطاقة في عمليات مختلفة فمثلا تستخدم الطاقة الشمسية في عملية التركيب الضوئي photo synthesis كما تنتج الطاقة من خلال اكسدة المواد الغذائية وتستهلك الطاقة المتحررة في عملية الهدم الحياتي catabolism في صنع العديد من المركبات ذات الطاقة العالية كما تستعمل في صناعة مواد خلوية والقيام بنشاطات وظيفية متعددة مثل الحركة والنمو والافراز والامتصاص تقاس كمية الحرارة بالسعرات وهي كمية الطاقة اللازمة لرفع درجة الحرارة كغم واحد من الماء من 15 درجة مئوية الى 16 درجة مئوية والسعرة هي مقياس الطاقة ومختصرها Cal

انواع الطاقة

1. الطاقة الحرارية Thermal energy

2. الطاقة الكامنة potential energy

3. الطاقة الحركية kinetic energy

4. الطاقة الكهربائية electrical energy

5. الطاقة الاشعاعية radiant energy



الطاقة الحرة free energy

هو أقصى شغل مفيد يمكن الحصول عليه من نظام ما عند ضغط وحرارة وحجم ثابت ويرمز لها بـ G أما التغير بالطاقة الحرة فيرمز له ΔG إذا كان $(-)$ فان التفاعل يسير تلقائياً إلى الأمام ويحرر طاقة (فينتج للطاقة) ويسمى في هذه الحالة :



أما إذا كان $\Delta G (+)$ فان التفاعل لا يسير تلقائياً إلى الأمام وان ΔG ستكون موجبة .



ويسمى التفاعل في هذه الحالة بـ Endergonic reaction أي تفاعل مستهلك للطاقة (ماص للطاقة أو الحرارة)

طاقة التنشيط Ea Activation energy

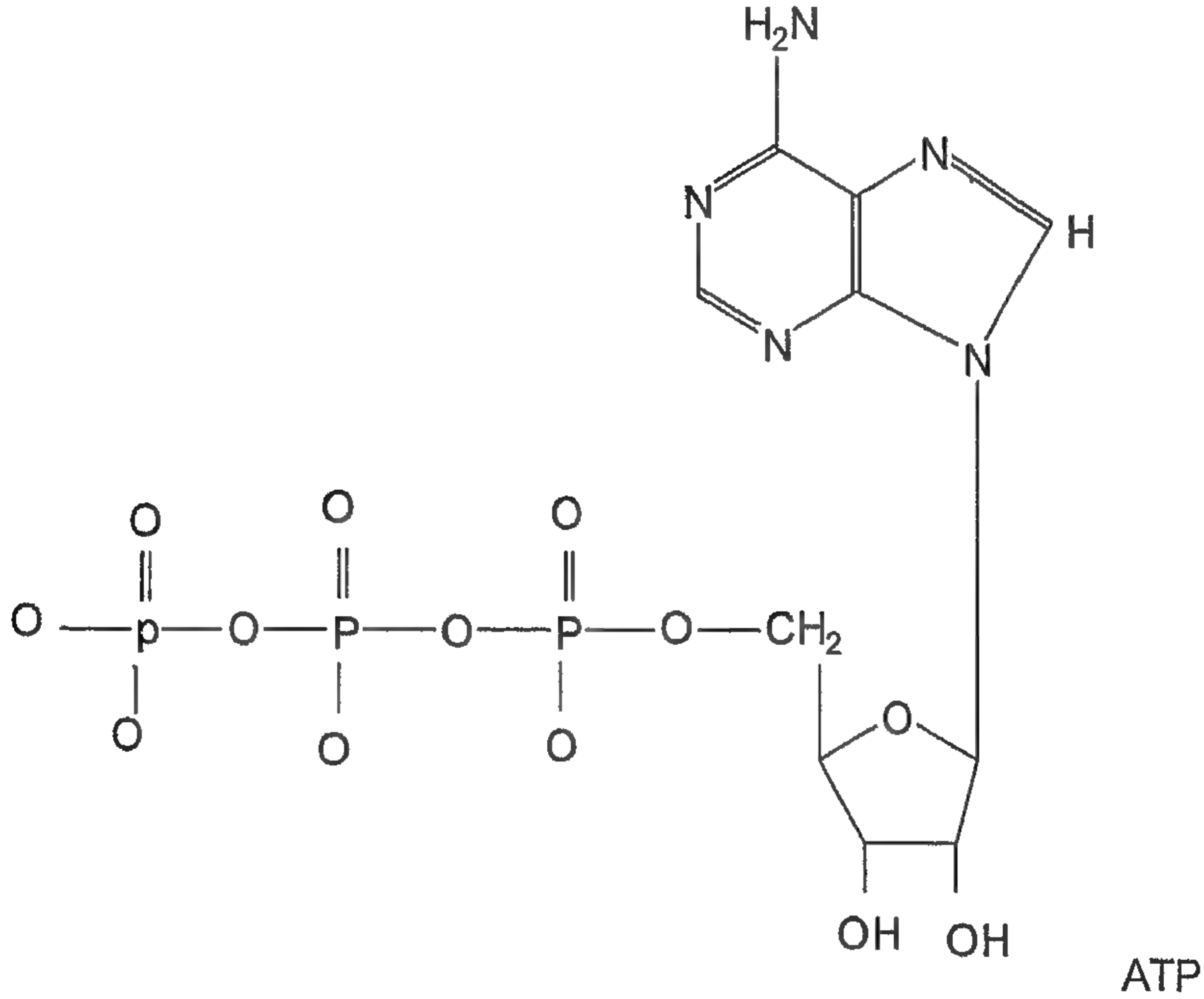
هي الطاقة الحرة اللازمة لتحويل المادة الأساس لتفاعل انزيمي معين إلى حالاتها المنشطة وعند تحويلها للحالة المنشطة أو الحالة الانتقالية فإنها تتحول إلى نواتج وتتناسب سرعة التفاعل مع كمية المادة الأساس في الحالة الانتقالية وكلما كانت قيمة E_a أعلى كلما كانت سرعة التفاعل أبطأ وذلك لأن عدد قليل من الجزيئات المتفاعلة ستملك الكمية الكافية من الطاقة الحركية لتتحول فية إلى الحالة النشطة . ويمكن تعريف طاقة التنشيط أيضاً بأنها كمية الطاقة بالكيلو سعرة اللازمة لتحويل جميع الجزيئات للمادة المتفاعلة في مول واحد إلى حالة الانتقال

المركبات الفوسفاتية ذات الطاقة العالية

يعد الـ ATP المولد الاساسي للطاقة الخلوية حيث ان متوسط قيمة G العائـدة لتحللـه هـي (7.3 - سعرة / مل)



يوجد الـ ATP في جميع الخلايا الحيوانية والنباتية والاحياء المجهرية ويصل تركيزه بين 0.1-0.001 مول / لتر من ماء الخلية او حوالي 0.5-5 ملغم / مل. يوجد الـ ATP على شكل مركب يحمل شحنة كهربائية عالية (شحنة سالبة) وكما موضح في الشكل:



ان الـ ATP يربط الفعاليات المنتجة للطاقة مع الفعاليات التي تحتاج الى طاقة .

صنفت المركبات الفوسفاتية الى صنفين وهما :

1 -الصنف الاول / المركبات الفوسفاتية الغنية بالطاقة.

مبادئ الكيمياء الحياتية

2 - المركبات الفوسفاتية ذات الطاقة الواطئة.

ان الجدول التالي يبين قيم الطاقة الحرة القياسية كمركبات فوسفاتية لها اهميتها الحيوية:

ΔG	المركب
-14.8	Phospho enol pyruvate
-11.8	1.3 diphosphoglycerate
-10.3	Phosphocreatin
-10.1	Acetylphosphate
-7.3	ATP
-5.0	Glucose-1-phosphate
-3.8	Fructose -6-phosphate
-3.3	Glucose-6-phosphate
-2.4	3-phospho glycerate
-2.2	Glycerol-3-P

يمكن ملاحظة ان الـ ATP تمتلك قيمة متوسطة وان ΔG لها يمكن اعتبارها مركز او نقطة الوسط لمقياس الثرموداينميك للمركبات الفوسفاتية وان المركبات التي توجد في اعلى المقياس تميل لفقدان مجموعاتها الفوسفاتية بينما المركبات التي توجد في اسفل المقياس تميل للاحتفاظ بمجموعاتها الفوسفاتية .

الأيض الحيائي Metabolism

هي التغيرات الكلية في المادة والطاقة للخلية الحية وتقسم إلى قسمين وهما عملية الهدم الحيائي Catabolism وعملية البناء الحيائي anabolism حيث ان هاتين العمليتين تنتجان مركبات حيوية ضرورية للخلية وكذلك طاقة كيميائية

الفصل الثامن: الطاقة الحياتية

في عملية الهدم الحياتي تتحلل جزيئات الاغذية مثل الكربوهيدرات ، الدهون والبروتينات حيث تتم عملية التحلل بمساعدة الأنزيمات وتتحول إلى مركبات وسطية Intermediate Compounds ثم بعد ذلك إلى نواتج بسيطة نهائية مثل CO_2 وامونيا ، ويوريا ، حامض اللاكتيك وحامض الخليك ويلازم هذه العملية انتاج طاقة تحفظ بشكل طاقة كيميائية على شكل الـ ATP اما عملية البناء الحياتي فهي عملية معاكسة حيث تتحول المركبات او الجزيئات الاولية الصغيرة إلى جزيئات معقدة وكبيرة وذلك بمساعدة الأنزيمات ايضا حيث تتحول إلى البروتينات والدهون والسكريات والأحماض النووية وكذلك الهرمونات والصبغات الحيوية وان هذه العملية يصاحبها استهلاك طاقة وذلك عن طريق تفكك الـ ATP المخزون في الخلية .

دورة الحامض ثلاثي الكربوكسيل (TCA) دورة كريبس

تسمى هذه الدورة بدورة الحامض ثلاثي الكربوكسيل Tri carboxylic acid وذلك لوجود ثلاثة أحماض في هذه الدورة يحتوي كل منها على ثلاثة مجاميع كربوكسيلية وتسمى هذه الدورة citric acid cycle لان اول حامض ينتج من هذه الدورة هو حامض الستريك وتسمى بدورة كريبس krebs cycle وذلك نسبة إلى العالم الذي اكتشف هذه الدورة عام 1937.

ان الغرض الاساسي لهذه الدورة هو انتاج طاقة على شكل ATP وذلك لتجهيز المركبات الوسطية بها لانتاج مركبات نهائية ضرورية لعمل الخلية كما تعد مصدرا اساسيا لتوليد المرافقات الأنزيمية بشكلها المختزل $NADH, FADH_2$ ان عملية هدم الكربوهيدرات والدهون والبروتينات تنتج المركب المسمى acetyl COA والذي يحتوي على ذرتي كربون وهو الناتج النهائي المشترك لعمليات الهدم اعلاه حيث تدخل إلى دورة كريبس عن طريق اندفاعها مع جزيئة Oxalooacetate والذي يحتوي على أربعة ذرات كربون لتنتج مركب يحتوي على ستة ذرات كربون وهو حامض الستريك citric acid وتحديث

تفاعلات دورة كريبس في المايتركوندريا حيث تحتوي على جميع الأنزيمات والمرافقات الأنزيمية الضرورية لهذه الدورة كما انها تحتوي على جميع الأنزيمات الضرورية للعملية النهائية للتنفس الا وهي عملية نقل الالكترونات والفسفرة التاكسدية . تتم عملية TCA داخل المايتركوندريا حيث انها تحتوي على جميع الأنزيمات والمرافقات الأنزيمية الضرورية للدورة وانتقال الالكترونات والفسفرة التاكسدية ولهذا السبب يطلق على المايتركوندريا بمصنع القوة في الخلية Plant power of cell تتم عملية تكوين حامض الستريك بمساعدة citrate synthetase وهو الأنزيم الاول في الدورة ويطلق عليه بأنزيم التكثيف condensation enzyme يساعد الأنزيم المسمى aconitase على الاضافة العسكية للماء الى الأصرة المزدوجة للـ cis-aconitate في اتجاهين الاول يكون حامض الستريك والثاني يؤدي الى تكوين شبيه حامض الستريك وهو isocitrate اما الأنزيم الثالث في الدورة فهو isocitratase ويحتاج هذا الأنزيم ايونات المنغسيوم او المنغنيز ويقوم باكسدة مجموعة الهيدروكسيل مع جزيئة CO₂ ويعد من الأنزيمات المنظمة في هذه الدورة ويزيد من نشاطه كل من NAD,ADP بينما يثبط بقوة بواسطة ATP,NADH يقوم الأنزيم الاخر في الدورة وهو *α-Keto glutrate dehydrogenase* باكسدة *α-Keto glutrate* وتزال منه جزيئة CO₂ ليتحول الى Succinyl COA ويعتبر هذا المركب من المركبات الغنية بالطاقة حيث يتحول الى GDP الى GTP وتعطى الاخيرة مجموعاتها الفوسفاتية الى ADP ليتكون الـ ATP ويساعد في هذا الأنزيم Succinate Thiokinase بعد ذلك يتأكسد Succinate الى Fumarate الذي يساعد في ذلك انزيم Succinate dehydrogenase ويرتبط بهذا الأنزيم جزيئة من المرافق الأنزيمي FAD.

الأنزيم الاخر في الدورة هو انزيم Fumarase الذي يساعد في تحويل الـ Fumarate الى Malate اما التفاعل الاخير في الدورة فهو تحول Malate الى

الفصل الثامن: الطاقة الحياتية

oxalooacetate وذلك بواسطة الأنزيم Malate dehydrogenase ، اذا القينا نظرة على دورة كريبس نلاحظ خروج جزيئي CO_2 من هذه الدورة اي (ذرتي الكربون) لتبدأ الدورة بمركب يحتوي على ستة ذرات كربون وتنتهي بمركب يحتوي على أربعة ذرات كربون وهو Oxalooacetate حيث تخرج جزيئتا CO_2 في التفاعل الثالث والرابع كما نلاحظ ان هناك أربعة تفاعلات شاركت فيها الأنزيمات من نوع dehydrogenase وهي التفاعلات (الثالث والرابع والخامس والسابع) بحيث اعطيت أربعة أزواج من ذرات الهيدروجين ثلاثة أزواج منها استعملت في اختزال ثلاث جزيئات من (NAD) وزوج واحد استعمل في اختزال جزيئة واحدة من FAD .

السلسلة التنفسية Respiratory chain

تعتبر سلسلة نقل الالكترونات الطريق النهائي الذي تسلكه جميع الالكترونات المأخوذة في المواد التي تعمل عليها الأنزيمات خلال عملية التنفس ويكون مصدر هذه الالكترونات (ذرات الهيدروجين) من الخطوات الأربعة التي ازيلت فيها ذرات الهيدروجين في ذرة TCA اضافة إلى الالكترونات الناتجة من ازالة ذرات الهيدروجين من البايروفيك عند تحويله إلى AcetylCO وكذلك من ازالة ذرات الهيدروجين Glycer aldehyde -3-p في عملية الكلايكوليس والشكل التالي في الصفحة القادمة يمثل مخططا لدورة كريبس .

يمكن حساب المجموع الكلي لعدد جزيئات ATP الناتجة عدد اكسدة جزيئة كلوكوز واحدة بصورة تامة عند تحويل مول واحد من الكلوكوز إلى مولين حامض بايروفيك بواسطة عملية الـ Glycolysis تنتج (2) ATP حيث ان اكسدة مولين من البايروفيك ينتج $2 \times 15 = 30$ ATP $+ 2 = 32$ وهناك ستة جزيئات من ATP تم اضافتها عند تحويل الكلوكوز إلى جزئتين من حامض البايروفيك من عملية الكلايكوليس . اي ان مجموعة ATP الناتجة عند

مبادئ الكيمياء الحياتية

أكسدة جزيئة كلوكوز واحدة إلى $H_2O + CO_2$ تساوي 38 ATP وان المعادلة الاجمالية العملية الكلايوليس :



أكسدة حامض البايروفيك إلى Acetyl COA

لا يعتبر حامض البايروفيك من المركبات الوسطية في دورة كريبس حيث انه من المركبات النهائية لعملية Glycolysis ولغرض دخوله يجب ان يتأكسد إلى acetyl وذلك بفقد لجزيئة CO_2



جزيئات ATP في دورة كريبس

الخطوة	المرافق	عدد جزيئات ATP
Pyruvic \rightarrow Acetyl CoA	NAD ⁺	3
Isocitrate \rightarrow α -ketoglutarate	NAD ⁺	3
α -ketoglutarate \rightarrow succinyl CoA	NAD ⁺	3
succinyl CoA \rightarrow Succinate	- - - -	1
Succinate \rightarrow fumarate	FAD	2
Malate \rightarrow oxaloacetate	NAD	3

عملية Glycolysis

وهو التحلل اللاهوائي للسكر وهو المسار الرئيسي والاولي لهدم الكربوهيدرات ويعرف ايضا بمسار ايميدين - مايرهوف Embden-Meyerhof نسبة إلى العالمين اللذين اكتشفا هذا المسار في بداية القرن العشرين حيث يتحول السكر الاحادي الكلوكوز في هذا المسار إلى حامض اللاكتيك lactic acid

الفصل الثامن: الطاقة الحياتية

كالذي يحصل في بعض انواع البكتريا وفي الخلايا الحيوانية وخاصة العضلات وتسمى anaerobic glycolysis او الى ايثانول كالتى تحصل في الخمائر ويسمى التخمر الكحولي Alcoholic fermentation والمعادلة الكلية لعملية انحلال الكلوكوز لاهوائيا الى حامض اللاكتيك هي كما مبين ادناه وتتم العملية في الساييتوبلازم والفرض الاساس من عملية الكلايكوليسز هو انتاج مركب غني بالطاقة على شكل ATP وقوة مختزلة على شكل NADH وكذلك انتاج جزيئة حامض الـ Pyruvic وتتضمن عملية Glycolysis مسارين وهما

العملية الاولى



اما العملية الثانية وهي انحلال السكر (الكلوكوز) لاهوائيا الى ايثانول فهي كما مبين ادناه :



ويشترك في العمليتين اعلاه احدى عشر انزيما ويشتركان في الأنزيمات التسعة الاولى ويختلفان في الأنزيمين الاخيرين وتقع هذه الأنزيمات في ساييتوبلازم الخلية وان اول انزيم في هذه العملية هو انزيم Hexokinase والذي يفسفر الكلوكوز لاعسكيا 6-PGlucose - مستهلكا بذلك جزيئة ATP وهذا الأنزيم يعتبر من الأنزيمات المنظمة لتفاعلات الكلايكوليسز اما الخطوة الثانية فهو تكوين fructose-6-P من Glucose-6-P بواسطة الأنزيم Glucose phosphate isomerase ثم يحفز انزيم (Pfk) عملية الفسفرة اللاعكسية للفركتوز - 6 - فوسفيت الى fructose 1,6 phosphate مستهلكا بذلك جزيئة ATP.

اما الأنزيم الاخر في الدورة فهو fructose diphosphate aldolase حيث يؤدي الى تكوين جزيئتي سكر فوسفات ثلاثي الكربون وهما glyceraldehydes-3-p و fructose 1,6 diphosphate وبعد ذلك يتحول المركب

الآخير إلى جزيئة أخرى من glyceraldehyde-3-p بفعل انزيم Triose phosphate isomerase لحد هذه الخطوة فان المرحلة الاولى في عملية الكلايكوليسز قد انتهت وهي تجميع السكريات البسيطة وتحويلها إلى جزيئين من كليسرالديهيد -3 - فوسفيت.

اما المرحلة الثانية وهي تحويل المركب الآخير إلى حامض مع تكوين ATP فتبدا بالانزيم Phosphoglycerate kinase الذي يحول كليسرالديهيد -3 - فوسفيت إلى 1,3-diphosphoglycerate وبعد ذلك فان انزيم phosphoglyceromutase يحفز ازالة الفوسفات من الكربون رقم (3) إلى الكربون رقم (2) مكونا 2-phosphoglycerate وبعد ذلك يأتي انزيم Enolase والذي يزيح جزيئة ماء 2-phosphoglycerate ليكون phosphoenolpyruvate ثم يقوم انزيم بايروفيت كايينيز pyruvate kinase بنقل مجموعة الفوسفات من فوسفوانيول بايروفيت إلى ADP لتكوين بايروفيت مع ATP والبايروفيت هو المركب الوسطي الذي يعمل كحلقة رابطة للعمليات الحياتية للكلايكوليس ودورة TCA اما التفاعل الآخير فهو اختزال Pyruvate بفعل انزيم lactate dehydrogenase حيث يتحول إلى حامض اللاكتيك lactic acid اما في عملية التخمر الكحولي فهي مطابقة لعملية الكلايكوليس ولكنها تختلف فقط في التحولات الحياتية للبايروفيت حيث ان انزيم pyruvate decarboxylase يحفز عملية ازالة الكربوكسيل اللاعكسية من البايروفيت مكونا acetaldehyde اما الانزيم الآخر فهو انزيم Alcohol dehydrogenase فهو يحفز عملية عملية اختزال الاستيالديهيد إلى ايثانول (كحول ايثيلي) +CO₂.

مسار بنتوز-فوسفيت pentose-phosphate pathway

سمي بهذا الاسم لكون الرايبوز-فوسفيت هو احد نواتج هذا المسار ويسمى ايضا بمسار فوسفوكلوكونات لكون المركب-6

الفصل الثامن: الطاقة الحياتية

phosphoglucanate واحد المركبات الوسطية لهذا المسار ويمثل هذا المسار طريقا اخر لأكسدة السكريات والاعراض الرئيسية له وهي : -

1. انتاج رايبوز -5 - فوسفيت اللازم للتكوين الحياتي للنيوكليوتيدات والأحماض النووية .

2. انتاج الـ NADH

3. تحويل السكر السداسي إلى ثلاثي -رباعي -خماسي واخر سداسي .

4. المشاركة في تكوين الكلوكوز في CO_2 في تفاعلات الظلام لعملية التركيب الضوئي .

ان المعادلة الكلية لهذا المسار هي كما مبين :



يمكن ان يتولد من هذا المسار اثنان من المركبات الوسطية من عملية

الكلايكوليس مثل G-6-P Fructose 1,6-p

تحلل الكلايكوجين Glycogenolysis

وهي عملية تكسير الكلايكوجين إلى جزيئات الكلوكوز حيث ينطلق الكلوكوز اثناء تقلص العضلات لغرض تزويدها بالطاقة وكذلك إلى المجرى الدموي لرفع مستوى الكلوكوز في الدم عند هبوطه اثناء الصيام مثلاً ويحصل التفاعل الاول في الكبد بفعل انزيم phosphorylase والذي يعمل على تحليل الأواصر الكلايكوسيدية من نوع 4 - 1 - α في جزيئة الكلايكوجين حيث ينظم افراز هذا الأنزيم هرمونا الابننفييرين والكلوكاكون وهناك انزيمات اخرى تساعد على تحليل الكلايكوجين مثل فوسفو كلوكوميوتيس phosphoglucomutase وذلك لانتاج Glucose-6-p ويعمل انزيم اخر وهو glucose-6-phosphatase على تحويل المركب الاخير إلى Glucose-6-p والأنزيم

الاخير لا يوجد في العضلة لذا فان كلايكونجين العضلة لا يعمل كمصدر لكلوكوز الدم.

توليد الكلوكوز Gluconeogenesis

وهو توليد كلوكوز جديد من مركبات اولية غير كاربوهيدراتية مثل الكليسرول وحامض اللاكتيك وأحماض α - كيتو وكذلك Oxalocetate وبعد الكلوكوز مادة الوقود الاساسية في عمل الدماغ والهيكل العظمي وخلال الصيام فان للكبد مخزون من الكلايكونجين تكفي لتزويد الجسم بالكلوكوز لمدة 12 - 24 ساعة اما في حالة الانقطاع عن الطعام لفترة طويلة فان الكلوكوز يجهز من خلال توليد السكر من الكليسرول المشتق من تحلل الكليسيريدات الثلاثية وكذلك من α - keto acids الناتجة من الهدم الحياتي للأحماض الامينية وتحدث عملية تكوين الكلوكوز في خلايا الكبد والكليتين حيث توجد الانزيمات اللازمة لهذه العملية .

توليد الكلايكونجين Glycogenesis

هي عملية تحول الكلوكوز الى كلايكونجين حيث يتم في الخطوة الاولى فسفرة الكلوكوز الى Glucose-6-p بواسطة انزيم Glucokinase حيث ينظم هرمون الانسولين بسرعة هذا الانزيم .

ثم تحويل المركب الاخير الى Glucose-1-p بفعل انزيم يسمى phosphoglucomutase ثم يتحول المركب الاخير مع uTP حيث يتكون النيوكليوتيد الفعال (uDPG) وذلك بتحفيز انزيم Gluco pyrophosphorylase uridine triphosphate ان جزيئات الكلوكوز المنشطة والتي هي (uDPG) ترتبط مع بعضها بأواصر كلايكونسيدية لتكوين الكلايكونجين وذلك بفعل انزيم Glycogen synthetase والواقع تحت تاثير هرمون الابنيفيرين .

الاجسام الكيتونية Keton bodies

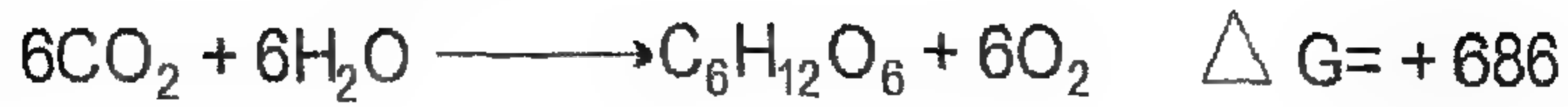
هي عبارة عن حامض β - *hydroxy butyric* وحامض aceto acetic والاسيتون حيث لا يزيد محتوى دم الانسان من اجسام الكيتون عادة عن 3 ملغم/10ملم حيث يفرز حوالي (20) ملغم من هذه الاجسام يوميا عن طريق الادرار ، يضطر الجسم في حالات معينة مثل الاصابة بمرض السكري او الامتناع عن الطعام لفترات طويلة الى استعمال الدهون كمصدر للطاقة بدلا من السكريات ونتيجة لذلك تتأكسد الأحماض الدهنية مكونة كميات كبيرة من Acetyl COA في الكبد والذي يتحول بتفاعلات خاصة الى اجسام كيتونية Keton bodies والتي تنفذ بعد ذلك الى المجرى الدموي blood stream ويعتمد مرضى السكر على اجسام كيتون الناتجة من هدم الأحماض الدهنية كمصدر للطاقة وذلك لعدم امكانية استخدام الكلوكوز لهذا الغرض وهكذا تتراكم الاجسام الكيتونية بصورة مميزة في دم المصابين بالسكري وتسمى هذه الحالة بـ (Ketosis) اي ازدياد تكون الاجسام الكيتونية وتوجد الأنزيمات اللازمة لهذه العملية في الماييتوكوندريا لخلايا الكبد والكليتين .

عملية التركيب الضوئي photo synthesis

تشمل عملية التركيب الضوئي امتصاص الطاقة الضوئية بواسطة الكلورفيل وتحويلها الى طاقة كيميائية لغرض اختزال CO2 المجهز من الجو لتكوين الكلوكوز وفي هذه العملية يتكون الأوكسجين الجزيئي O2 ويتحرر الى الجو وان تمويل هذه الطاقة يحدث بعملية تسمى الفسفرة التأكسدية Oxidative phosphorylation والتي تحصل في عضيات الكلوروبلاست لخلايا النبات وكما يلي :

مبادئ الكيمياء الحياتية

طاقة ضوئية

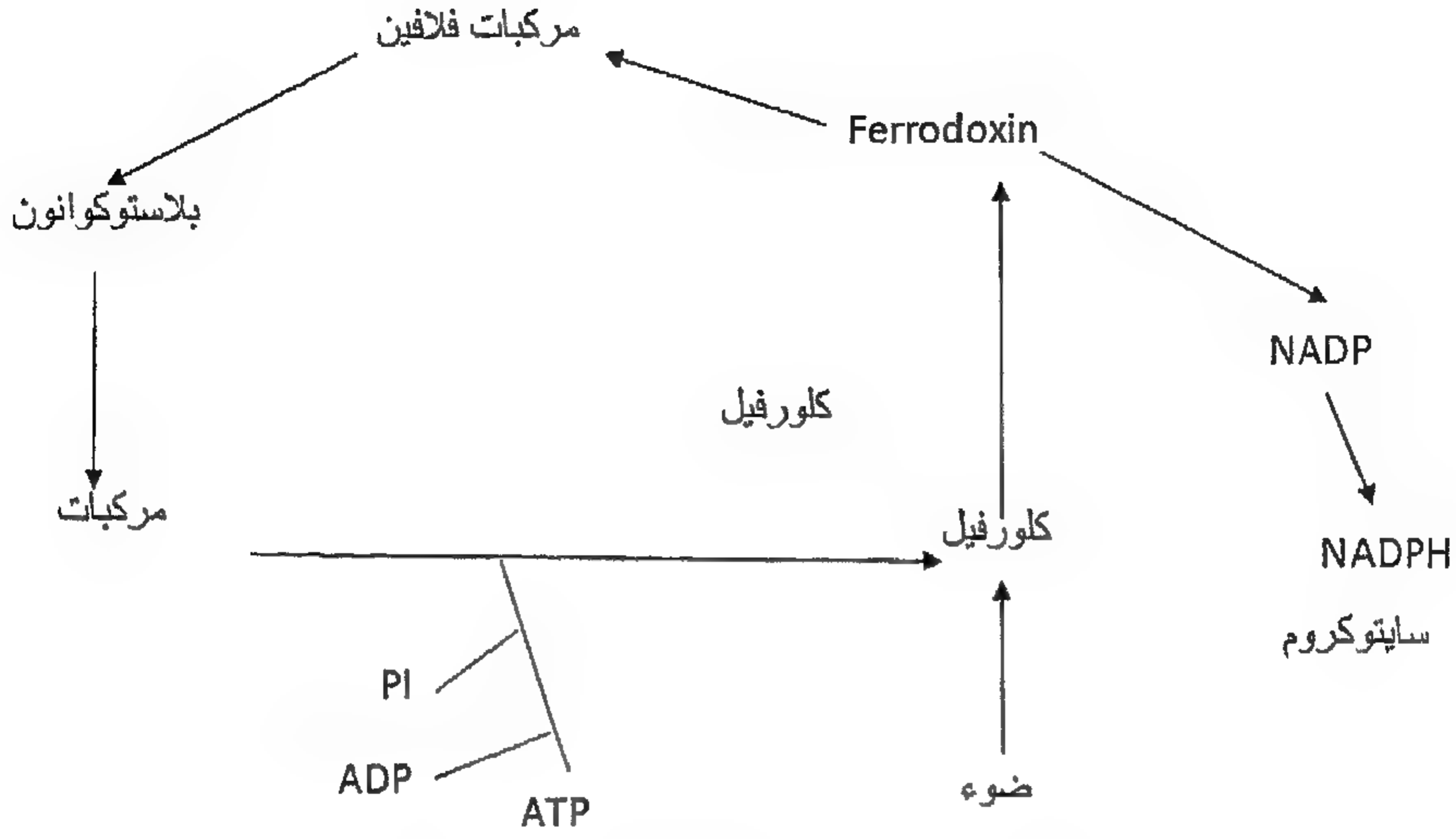


طاقة ضوئية



ان تكوين الكلوكوز من CO_2 والماء يحتاج إلى اضافة كمية كبيرة من الطاقة حيث يعتمد على الطاقة الضوئية الموجودة في الكلوروفيل مما يجعل جزيئة الكلوروفيل في حالة متهيجة حيث يجعل عدد الالكترونات الأواصر ثنائية الكلوروفيل قد انتقلت من مستوى الطاقة الاعتيادي العائد لها إلى مستوى اعلى وان هذه الالكترونات المتهجية تسري من الكلوروفيل إلى بروتين (ferrodoxin) لتعمل بعد ذلك على اختزال NADP إلى NADPH والذي يستعمل في تفاعلات تثبيت CO_2 fixation في عملية التركيب الضوئي كما تسري بعض الالكترونات المتهجية من صبغات الساييتوكروم وبعدها تعود إلى الكلوروفيل وخلال هذه الدورة تتحرر بعض الطاقة لتصاحب تفاعل الـ ADP مع P_i لتكوين الـ ATP وتستعاد الالكترونات التي استعملت لتكوين الـ NADPH بواسطة تفاعل تقوم به ايونات الهيدروكسيل العائدة لجزيئة الماء لتكوين O_2 .

الفصل الثامن: الطاقة الحياتية

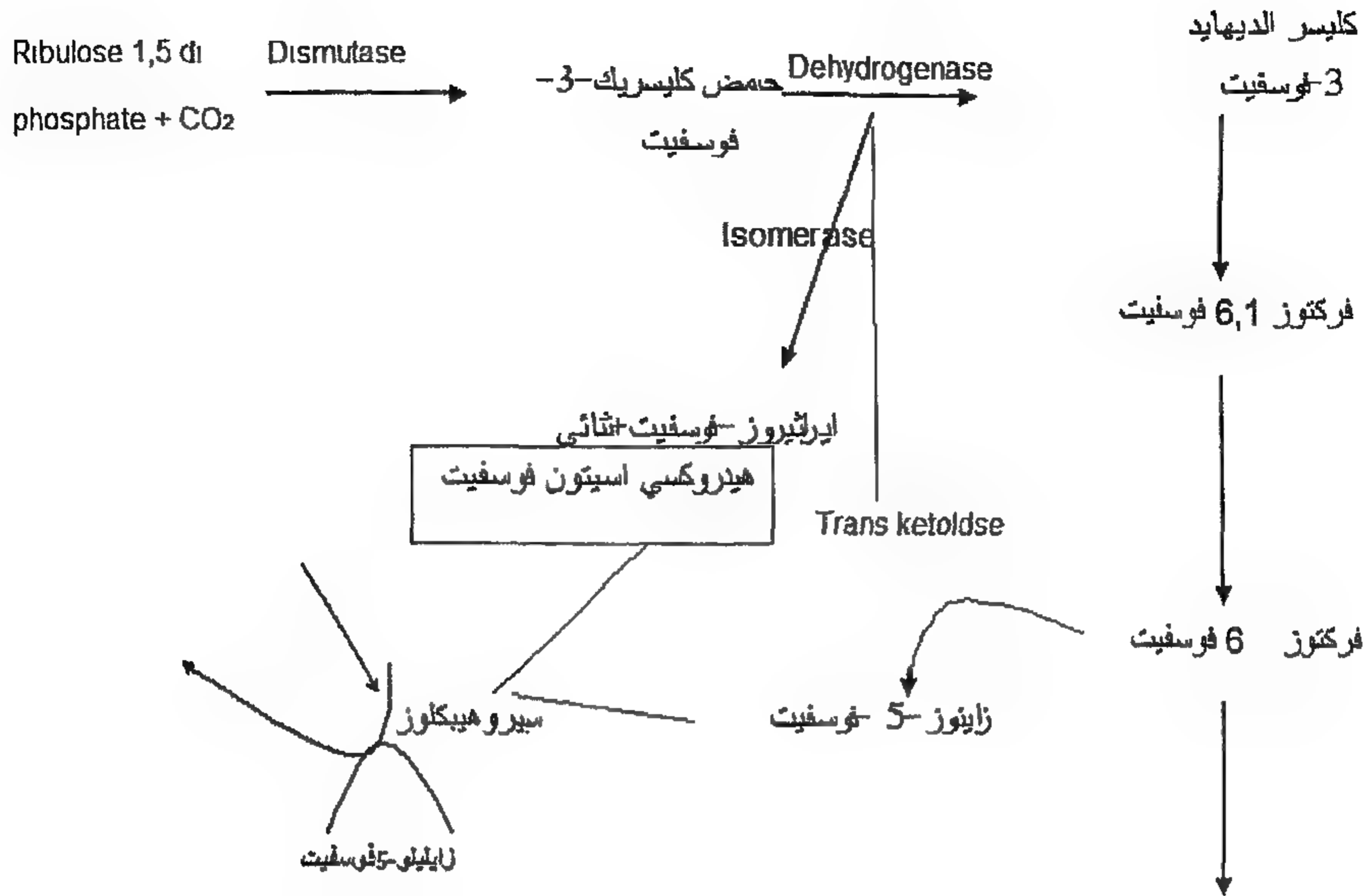


(مخطط عملية الفسفرة الضوئية في عملية التركيب الضوئي)

ان المرحلة السابقة هي تفاعلات الضوء light reaction اما تفاعلات الظلام Dark reaction فتشتمل على ادخال الكربون لتكوين المركبات الكربوهيدراتية وبالتالي هي عملية تثبيت الكربون (Carbon fixation) وتستلزم ATP وNADPH والمتكونان اصلا في تفاعلات الضوء .

ان عملية التركيب الضوئي في الخلايا النباتية هي عمليات معقدة جدا والتي تشمل اكثر من 100 خطوة كيميائية عند انتاج جزيئة واحدة من الكلوكوز من CO_2, H_2O حيث ان كل خطوة تحفز بانزيم خاص وهناك مركبات وسطية مشتركة مابين تفاعلات الظلام ومسار البنتوز فوسفيت وكذلك عملية الكلايكوليسز Glycolysis

مبادئ الكيمياء الحياتية

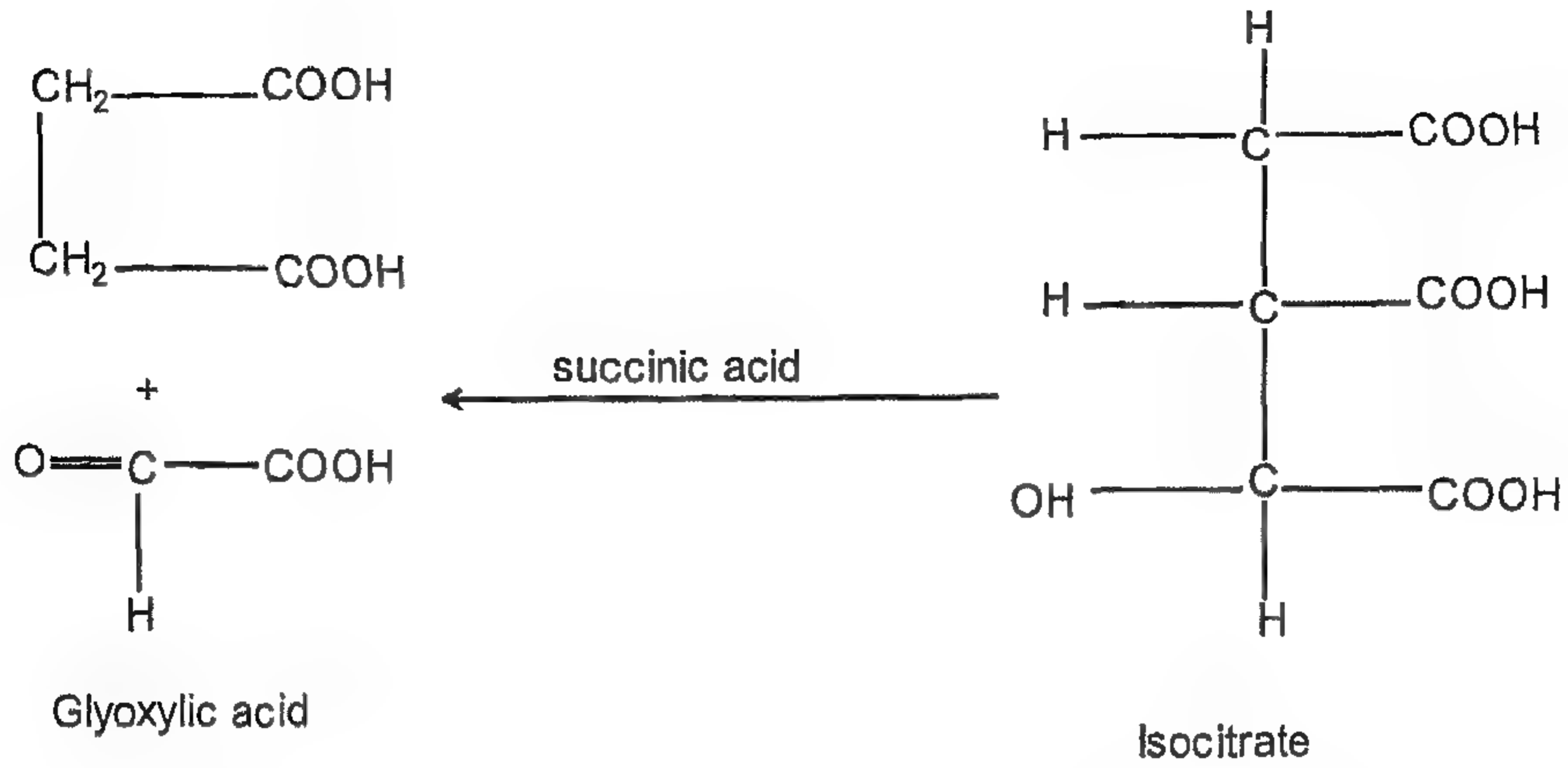


وقد يتكون الكلوكوز في النباتات وفي بعض انواع البكتريا والاشنيات عن طريق عملية اخرى دورة Glyoxylic acid كما هو موضح في الموضوع التالي

Glyoxylic acid cycle دورة حامض الكلايوكسيليك

ان بعض انواع البكتريا والاشنات وبعض النباتات المتقدمة وفي مرحلة معينة من حياتها تستخدم الاستيات acetates كمصدر للطاقة وللكاربون لتكوين جميع مركبات الخلية حيث ان هذا يتم عبر ما يسمى Glyoxylic acid cycle وتعتبر هذه الدورة مسار حياتي محور للدورة TCA حيث يتكثف acetyl COA مع ال Oxalooacetate لتكوين حامض الستريك citrate ثم ال Isocitrate كما هو الحال في دورة كريبس وبعد ذلك يعمل انزيم isocitratase على تحليل الاسيوستيرات ألي Succinic acid و Glyoxylic acid

الفصل الثامن: الطاقة الحياتية



بعد ذلك يتم تكثيف الحامض (Glyoxylic) مع جزيء acetyl COA بواسطة الأنزيم Malate synthetase ليتكون Malate بطريقة متشابهة لتكوين Citrate ومن ثم يتحول الـ Malate بطريقة متشابهة كما هي في الـ TCA إلى Oxaloacetate وفي كل دورة من Glyoxylic تدخل جزيئتان من Acetyl COA فتكون جزيئة واحدة من حامض السكسينيك وفي انسجة النباتات المتقدمة توجد عضيات تسمى Glyoxysomes تحوي الأنزيمات اللازمة لهذه الدورة .

الفسفرة التأكسدية Oxidative phosphorylation

هناك نوعان من عملية الفسفرة وهما:

- 1- الفسفرة بمستوى المادة الاساس والتي تسمى substrate level phosphorylation وفي هذه العملية تنتج مشتقات للمادة الاساس بصيغة مفسفرة او بصيغة ثايواسترو وبالتالي يستخدم هذا لانتاج ATP ومن الامثلة على ذلك هي تفاعلات انحلال السكر Glycolysis حيث يتكون المركبان 1,3 phoshoglycerate والمركب الاخر هو phoshoenol pyruvate والذان يتفاعلان مع الـ ADP ليكونا ATP والمثال الاخر هو المركب Succinyl COA والمتكون في دورة كريبس والذي يستعمل في تحول GDP إلى GTP ويتحول الاخير بتفاعل اخر إلى ATP .

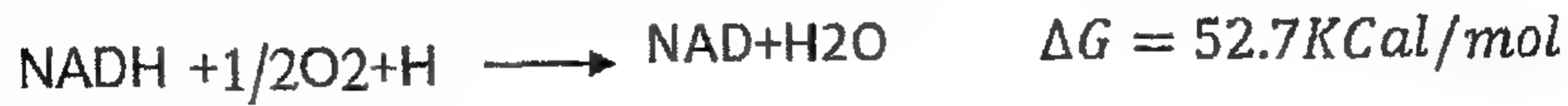
2 -الفسفرة التأكسدية (الهوائية) ان الفسفرة التأكسدية للـ ADP تحدث على حساب كمية كبيرة من الطاقة الناتجة عن انتقال الالكترونات خلال السلسلة التنفسية من الـ NADH إلى الأوكسجين الجزيئي .

توجد ثلاث نقاط معينة خلال السلسلة التنفسية تتحول فيها طاقة الاكسدة والاختزال لانتقال الالكترونات إلى طاقة الأصرة الفوسفاتية من الـ ATP ولهذا السبب فان الفسفرة التأكسدية تسمى ايضا بالفسفرة بالسلسلة التنفسية وان التفاعل الكلي المزدوج لانتقال الالكترونات والسلسلة التنفسية هو:



ان الطاقة الكلية الناتجة عن اعادة اكسدة NADH بواسطة السلسلة التنفسية تكون كبيرة بحوالي 52.5 كيلو سعرة /مول وهكذا فان سلسلة نقل الالكترونات (السلسلة التنفسية) هي عبارة عن سلسلة منظمة تعمل على تجزئة الطاقة الحرة المتناقصه بكثرة اثناء انتقال زوج الالكترونات من الـ NADH إلى الأوكسجين الجزيئي بشكل مجموعات مفيدة من الـ ATP.

عند اكسدة الـ NADH بواسطة O_2 عبر سلسلة نقل الالكترونات فانه تنتج ثلاث جزيئات من ATP.



انتقال الالكترونات والفسفرة التأكسدية

Electron transport and Oxidative phosphorylation

ان اكسدة البايروفيت الى acetylCOA التي تحدث في المايتركوندا تتم بواسطة المواد المؤكسدة المباشرة مثل NAD,FAD وان كمية NAD,FAD تكون محدودة في الخلية وبهذا فان مسار انحلال السكر ودورة TCA مثلا سيتوقفان عن العمل عند وقف التجهيز بهذه النيوكليوتيدات المؤكسدة والتي هي FAD,NAD وبهذا ولغرض استمرار نظام اكسدة المواد الاساس العضوية فانه ينبغي اعادة اكسدة النيوكليوتيدات نيكوتين امايد NADH والمركبات الفلافينية المختزلة وهي FADH,FADH₂ .

في الخلايا بدائية النواة تتم عملية اعادة الاكسدة هذه بواسطة انزيمات موجودة في غشاء البلازما اما في الخلايا حقيقية النواة فان الانزيمات ومرافقاتها موجودة في الغشاء الداخلي للمايتركونديريا مجاورة للحشوة matrix حيث يتم اختزال هذه النيوكليوتيدات في جميع الكائنات الهوائية وان المادة المؤكسدة النهائية هي الأوكسجين الجزيئي وفي حالة NADH فان التفاعل الكلي



$$\Delta G = 52.7$$

ان الانزيمات التي تنجز عملية الاكسدة هذه تؤلف سلسلة نقل الالكترونات او السلسلة التنفسية والتي تعمل كحاملات للالكترونات تختزل وتتأكسد بالتعاقب .

المكونات التي تشارك في عملية نقل الالكترونات :

توجد خمسة انواع من حاملات الالكترونات في نقل الالكترونات من المواد الاساس اثناء الاكسدة في المايتركونديريا :

مبادئ الكيمياء الحياتية

1-نيوكليووتيدات نيكوتين امايد مثل NAD^+ , $NADP^+$

2-بروتينات الفلافين FAD , FMN

3-بروتينات حديد غير همية مثل $ferrodoxin$

4-مركبات الكوانوان

5-الساييتوكروومات

ايض الكربوهيدرات metabolism of carbohydrates

تعد الكربوهيدرات هي مصدر الطاقة الرئيسي للكائنات الحية وهي تكون على شكل نشأ او كلايكوجين او سليلوز والذي نحصل عليه من المصادر الغذائية حيث ان هذه الجزيئات الكبيرة تتحلل اولاً في الجهاز الهضمي وتتحول الى وحدات اصغر قابله للامتصاص ومن ثم تتحرر الطاقة على شكل ATP ويتحول قسم منها الى كربوهيدرات مخزونه على شكل (كلايكوجين) يخزن في الكبد والعضلات) والقسم الاكبر منها يتأكسد الى CO_2 , H_2O ويرافق ذلك تحرر طاقة اما في النبات فتتمكن الاجزاء الخضراء من صنع الكربوهيدرات عن طريق عملية التمثيل الضوئي $photo\ synthesis$ ويتأكسد قسم من هذه الكربوهيدرات المصنوعة لغرض انتاج الطاقة الضرورية للتفاعلات الحيوية في النبات اما الجزء الاخر فيتحول الى نشأ وسليلوز .

هضم الكربوهيدرات Carbohydrate digestion

يمكن تعريف عملية الهضم كيميائياً بأنها عبارة عن التحلل المائي للطعام المتناول الى جزيئات اصغر حيث تتحول السكريات المتأولة في الطعام الى سكريات احادية وثنائية وان اغلب السكريات المتأولة هي سكريات متعددة مثل النشأ والكلايكوجين والسليلوز حيث تبدأ عملية الهضم في الفم أثناء عملية مضغ الطعام بفعل انزيم $Amylase$ اللعابي والذي يفرز من الغدة اللعابية وتستمر عملية الهضم في القناة الهضمية وتستكمل في الامعاء الدقيقة بفعل انزيم

الفصل الثامن: الطاقة الحياتية

الاميليز البنكرياسي وينتج كلوكوز طليق يمتص بواسطة جدار الامعاء إلى الدم اما بالنسبة للسليولوز فلا يمكن هضمه من قبل معظم اللبائن وذلك لعدم وجود الأنزيمات التي تحلل الآصرة من نوع $\beta 1 - 4$ والموجود في جزيئات السليولوز. اما السكريات الثنائية كالسكروز فيتحلل بواسطة انزيم sucrase واللاكتوز يتحلل بفعل انزيم lactase او ما يسمى $\beta - Galactosidase$ واما المالتوز فيتحلل بواسطة انزيم maltase. يقوم الكبد liver بخزن الكلايكوجين لغرض جعل الكلوكوز جاهزا للاستعمالات اللاحقة وليس للاغراض البنائية الخاصة بالكبد بل للحفاظ على مستوى الكلوكوز في الدم لغرض دعم الانسجة الاخرى وخاصة الدماغ .

ايض الدهون metabolism of lipids

تخزن اللييدات الفائضة عن حاجة الجسم بكميات كبيرة بشكل كليسيريدات ثلاثية (شحوم) حيث انها تتحلل بسرعة لغرض تزويد الخلايا الحية بالطاقة .

2340 k cal /mol كما هو في المعادلة :



$$\Delta G = 2340 \text{ Kcal /mol}$$

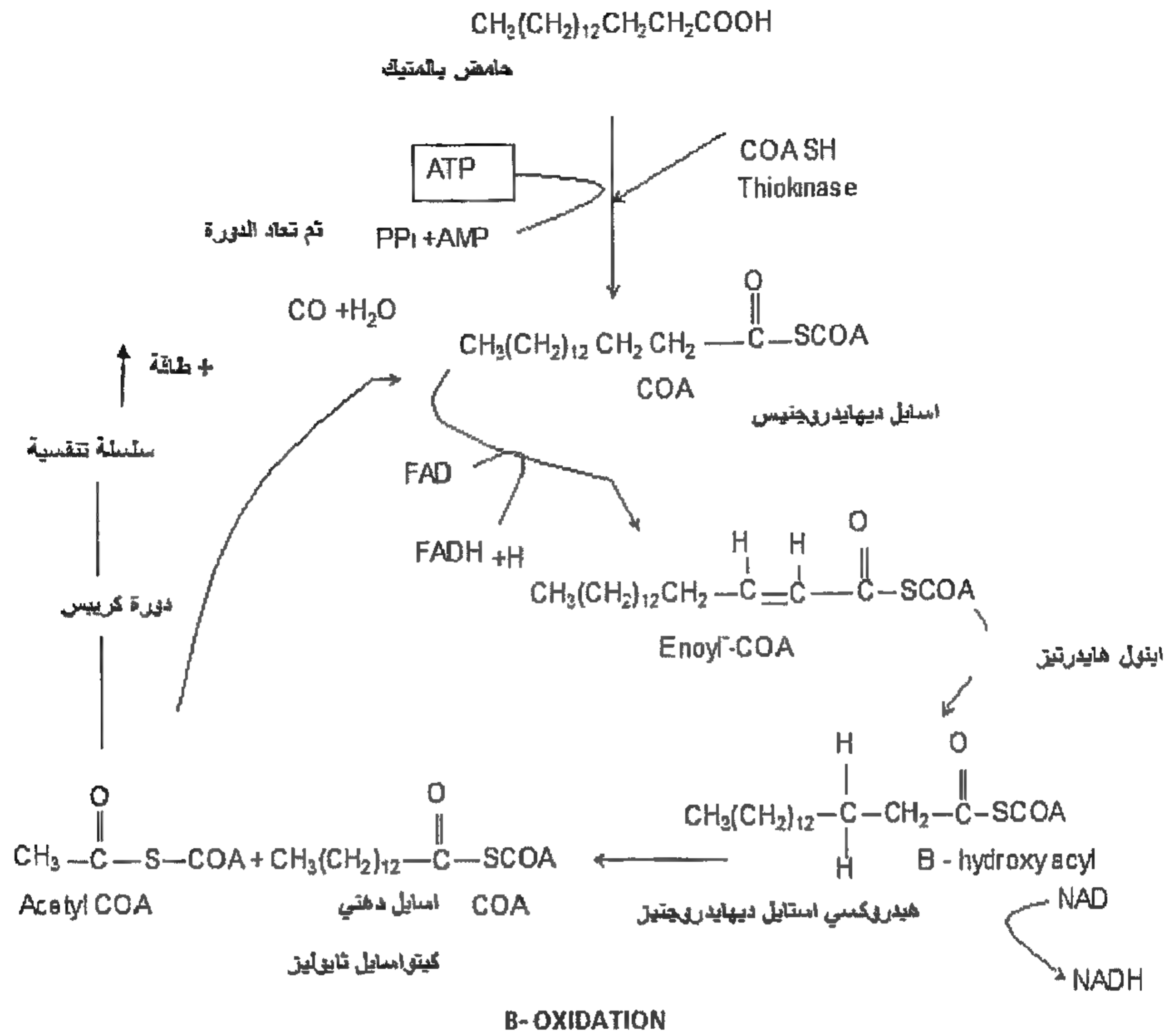
ان هذه الطاقة تحررت نتيجة للأكسدة السلسلة الهيدروكاربونية المرتبطة بمجموعة الكاربوكسيل للحامض الدهني Palmitic.

اضافة إلى الدهون المتعادلة كمصدر للطاقة هناك الفوسفوليبيدات والكلايكوليبيدات وكذلك المركبات الستيروولية حيث تعمل هذه الانواع الثلاثة من الدهون كمكونات اساسية للانسجة كما انها تعمل كمكونات للغشاء الخلوي واغشية عضيات الخلية وللنسيج العصبي .

أكسدة الأحماض الدهنية Oxidational of fatty acids

ان الأحماض الدهنية التي تتكون من هدم أي نوع من أنواع الدهون تتأكسد كلياً إلى CO_2 و H_2O وطاقة أما قسم الكليسرول الناتج من هدم الدهون المتعادلة فإنه يتفسفر في الكبد مكوناً كليسرول فوسفات والذي يتأكسد إلى ثنائي هيدروكسي الاسيتون فوسفيت حيث يدخل كل من هذين المركبين مسار الكلايكوليس للكاربوهدرات ، ان الطريق الرئيسي لهدم الأحماض الدهنية يحدث في المايكوكوندريا بواسطة أكسدة β - Oxidation وذلك نسبة تأكسد ذرة كاربون β للحامض الدهني إلى حامض β كيتو أما الأكسدة α فتحدث نسبة ضئيلة جداً في خلايا الكبد وفي البكتريا الهوائية . تشتمل عملية الأكسدة β على خمسة تفاعلات يتحول فيها الحامض الدهني ذو السلسلة الهيدروكاربونية الطويلة إلى Acetyl COA وإلى مشتق حامض دهني (أسايل دهني) يقل بذرتي كاربون الدهني الأصلية والمخطط أدناه يمثل الأكسدة β للحامض الدهني palmitic .

الفصل الثامن: الطاقة الحياتية



التفاعل الاول هو تنشيط الحامض الدهني بفعل انزيم thiokinase حيث يتحول الى مشتق الحامض الدهني العائد له ويعمل انزيم اخر هو Acetyl coA dehydrogenase على مشتق حامض دهني غير مشبع وذلك لوجود المرافق الأنزيمي العضوي FAD ثم بعد ذلك تضاف جزيئة H₂O بفعل انزيم enol hydrtase وتتأكسد مجموعة (OH) الموجودة عند ذرة كاربون β وينفلق ناتج التأكسد الى جزيئتي حامض دهني له ذرتا كاربون اقل وجزيء Acetyl CoA بفعل انزيم thiolase حيث يضاف جزيء Acetyl CoA الى دورة كريبس ثم السلسلة التنفسية لينتج جزيء ماء و CO₂ وطاقة ويعود مشتق الحامض الدهني الجديد الناتج ليدخل مباشرة الدورة دون الحاجة الى تنشيط ليفقد مرة اخرى ذرتي كاربون ولهذا فان حامض البالميتيك مثلاً يستلزم مرور سبع مرات في مسار هذه الدورة ليكون بذلك ثمان جزيئات Acetyl CoA واثنا عشرة اكسدة حامض البالميتيك فانه تتكون (7) جزيئات FADH₂ (7) جزيئات

مبادئ الكيمياء الحياتية

NADH ولدى دخوله هذه الجزيئات السلسلة التنفسية فإنه ستنتج جزيئات ATP وكما هو مبين أدناه

$$\text{FADH}_2 (7) \times 2 = 14 \text{ ATP}$$

$$\text{NADH} (7) \times 3 = 21 \text{ ATP}$$

ATP	استهلك
—————	في الخطوة الاولى من الدورة المحصلة النهائية
34 ATP	

وعند اعادة الدورة سبع مرات فإنه تتكون (8) جزئيا acetyl coA وان كل جزيئة من acetyl COA المتكونة من اكسدة حامض البالميتك ستؤدي إلى تكوين 12 ATP

سيكون المجموع الكلي	96=8 × 12 ATP + 34
	—————
	130 ATP

الاكسدة الكاملة للحامض الدهني palmitic.

ايض الأحماض الامينية والبروتينات metabolism of amino acids and proteins

تعد الأحماض الامينية الواحدات البنائية للبروتينات وتحصل النباتات والكائنات المجهرية الدقيقة على النتروجين اللازم للتكوين الحياتي للأحماض الامينية والنيوكليوتيدات بشكل ايونات النترات او بشكل امونيا غيران الحيوانات الراقية بالرغم من استطاعتها استخدام الامونيا مصدرا نيتروجينيا لتكوين المركبات النيتروجينية الا انها تعتمد بصورة اساسية على البروتينات التي نتاولها لهذا الغرض .

تبدأ عملية تحليل الأواصر الببتيدية للبروتينات الغذائية إلى أحماض أمينية في المعدة حيث يعمل HCL المعدي على جعل الغذاء حامضياً ذو PH بين (3 - 2) والذي يؤدي إلى عمل انزيم الببسين .

ولدى دخول السلاسل الببتيدية القصيرة والناجمة من التحلل الأولي إلى الأمعاء فإنها تتحلل إلى ببتيدات أصغر وإلى أحماض أمينية حرة بفعل الأنزيمات الأخرى المحللة للبروتينات والموجودة في البنكرياس مثل التربسين وكيموتربسين وكاربوكسي ببتيديز ويفرز الغشاء المخاطي للأمعاء أنزيمات أخرى هي Dipeptidase, aminopeptidases وهذه تعمل على تحليل الببتيدات المتبقية إلى أحماض أمينية طليقة وتقوم الأمعاء الدقيقة بامتصاص هذه الأحماض بصورة غالبية بواسطة النقل الفعال وهذه تعمل على تحليل الببتيدات المتبقية إلى أحماض أمينية طليقة وتقوم الأمعاء الدقيقة بامتصاص هذه الأحماض بصورة غالبية بواسطة النقل الفعال active transport ثم تنتقل الأحماض الأمينية عن طريق الدم ثم إلى الكبد وفي هدم البروتينات فإن الطاقة المتولدة هي (4) سعرة حرارية /غم .

المصير الأيضي للأحماض الأمينية :

إن البروتينات والأحماض الأمينية عادة لا تهدم لغرض الحصول على الطاقة عند توفير الكربوهيدرات والليبيدات لدى الكائن الحي بل تستعمل الأحماض الأمينية بدلاً من هذا الغرض تكوين الببتيدات والبروتينات كمصدر لذرات النتروجين لتكوين أحماض أمينية أخرى وكذلك في تكوين مركبات نتروجينية وغير نتروجينية أخرى وإن الأحماض الأمينية التي تزيد عن الكميات اللازمة لهذه الفعاليات الرئيسية الثلاثة تهدم بعملية حذف المجاميع الأمينية وبهذا تدخل مسارات حياتية لغرض اكمال عملية الهدم وإن الزيادة من الأمونيا الناتجة تطرح فيما بعد خارج الجسم وهكذا فإن جميع الأحماض الأمينية عند الهدم تعطي نواتج وسطية لدورة كريبس .

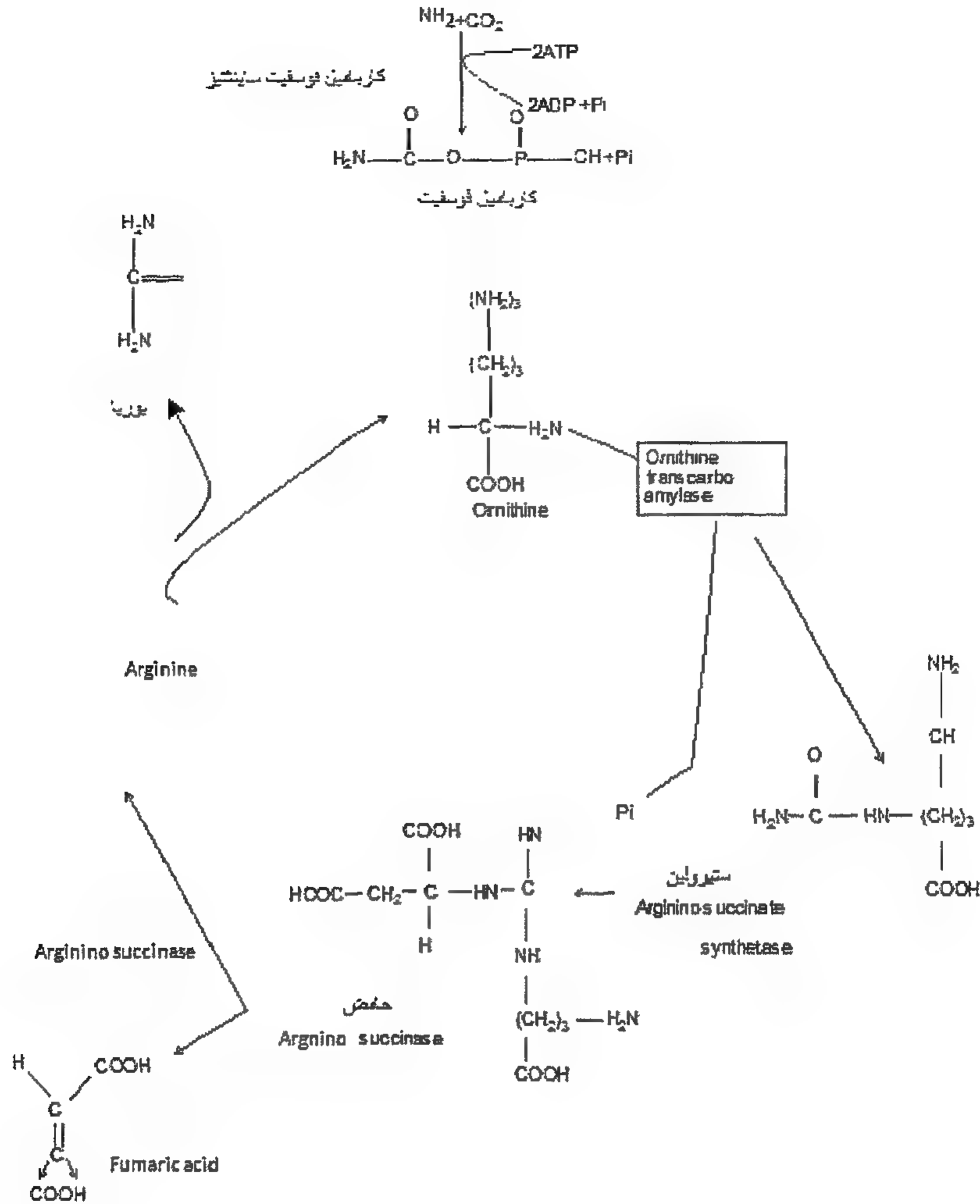
دورة اليوريا urea cycle

ان الحيوانات اللبنية تحول النيتروجين الفائض عن حاجة الجسم الى يوريا يفرز عن طريق الادرار وتحدث دورة اليوريا غالبا في الكبد غير انها تحدث بنسبة ضئيلة في الدماغ والكلية وتمتلك معظم الانسجة جميع انزيمات دورة اليوريا عدا واحدا حيث يستخدم هذا المسار في تكوين الحامض الاميني Arginine وان فقد انزيم Argininase يمنع تكوين اليوريا من الارجنين في هذه الانسجة .

في دورة اليوريا تقترن الامونيا و CO_2 مع الحامض الاميني غير البروتيني Ornithine لتكوين السترولين ثم يقترن جزيء اخر للامونيا مع السترولين لتكوين Arginine والذي يتحلل بوجود انزيم Argininase لينتج اليوريا والاورنثين وهكذا تعاد الدورة .

ان CO_2 و NH_3 يتفاعلان بوجود الـ ATP وبتحفيز انزيم Carbamyl phosphate synthetase لتكوين المركب Carbamyl phosphate وان استعمال جزيئتين من ATP في تكوين كارباميل فوسفيت ضروريا لجعل التفاعل غير عكسي ولابقاء تركيز الامونيا في الانسجة وسوائل الجسم عند مستوى واطىء جدا ، اما تكوين الارجنين في هذه الدورة فانه يشمل اقتران السيترولين مع حامض Aspartic لتكوين Arginino succinic والذي ينفلق الى الحامض الاميني Arginine و Fummaric وبعد تكوين اليوريا في الكبد تنقل الى الكليتين عن طريق الدم ثم تفرز عن طريق الكليتين مع الادرار.

الفصل الثامن: الطاقة الحياتية



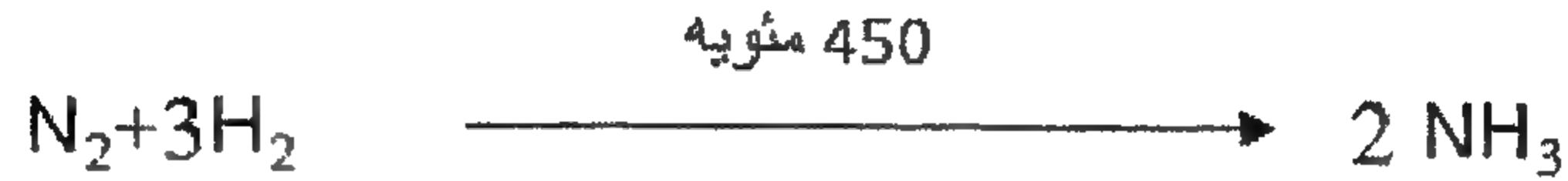
مخطط دورة اليوريا

تثبيت النيتروجين Nitrogen Fixation

تعد عملية تثبيت النيتروجين ثالث عملية يوريا حياتية بعد التركيب الضوئي وعملية التنفس وان النباتات وبعض الكائنات المجهرية تستطيع استعمال الامونيا لهذا الغرض بينما الانواع المختلفة من الحيوانات تحتاج الى مصدر غذائي لبعض الأحماض الامينية على الاقل وان عملية تحويل النيتروجين الجزئي N_2 الى احد

الاشكال اللاعضوية مثل $\text{NH}_3, \text{NO}_2, \text{NO}_3$ بواسطة الكائنات المجهرية تسمى عملية تثبيت النتروجين .

يمكن تثبيت الـ N_2 بشكل NH_3 تحت ظروف خاصة بطريقة غير حيائية تدعى طريقة Haber وكما هو مبين :



او عن طريق التفريغ الكهربائي كما يحدث خلال زوابع البرق



غير ان تثبيت النتروجين الحياتي يحدث بفعل الأنزيمات تحت ظروف طبيعية

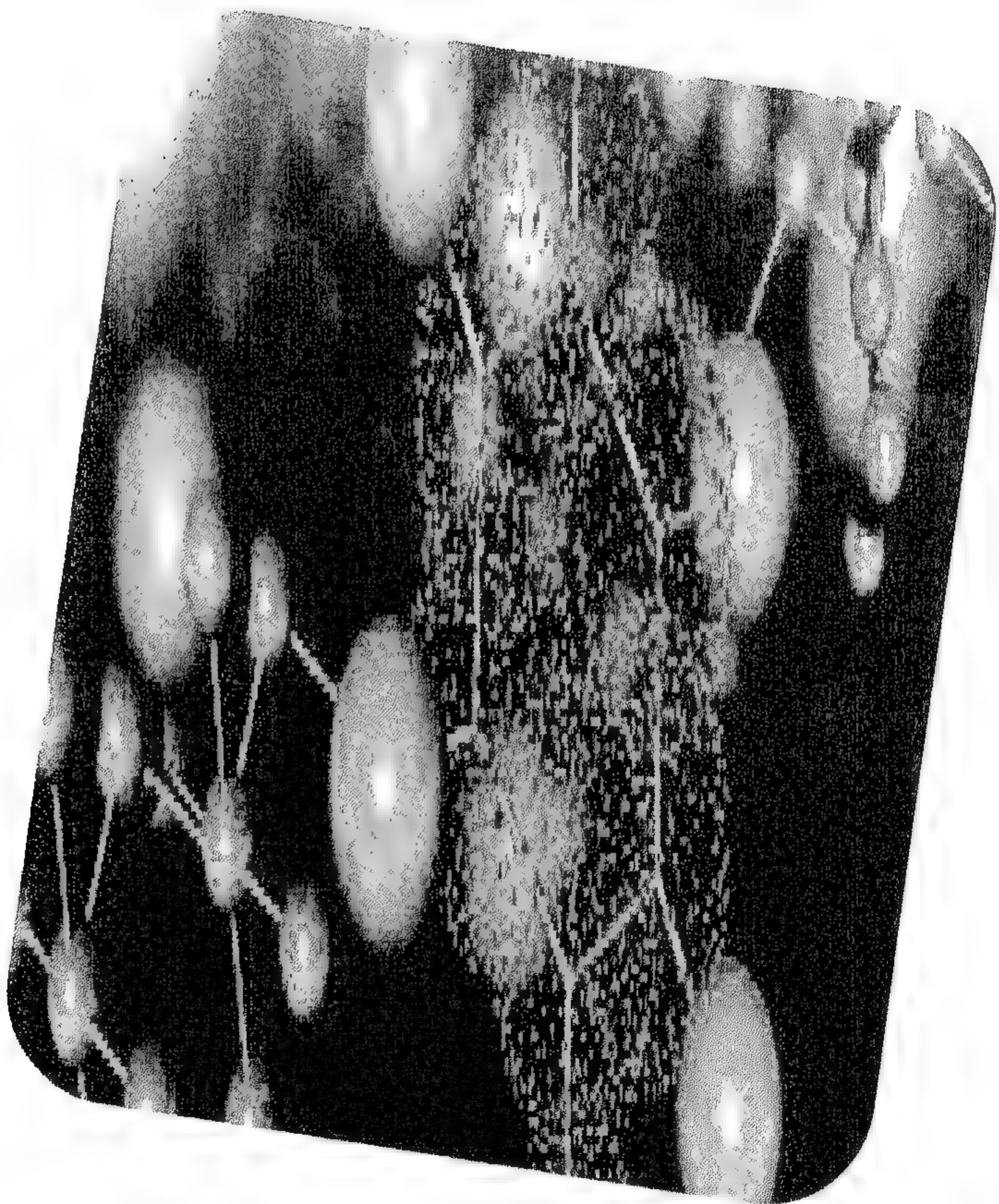


ويتم تثبيت النتروجين حياتيا اما بواسطة كائنات مجهرية غير تكافلية (اي تعايش باستقلال) مثل الاشنيات او بواسطة الرايزوبيا التي تعيش مع جذور فول الصويا او الباقلاء .

ان معقد الأنزيم الذي له قدرة على تثبيت النتروجين يسمى Nitrogenase ويتألف من بروتين محتوي على حديد وبروتين اخر محتوي على حديد والمولبيديوم.

الفصل التاسع

الهرمونات



9

مبادئ الكيمياء الحياتية

الفصل التاسع

الهرمونات

الهرمون Hormone

يعرف الهرمون بأنه مراسل كيميائي chemical messenger ينشأ من خلية حية وينتقل مسافة إلى النسيج الهدف target tissue عن طريق الدم ويتداخل الهرمون مع النسيج الهدف وذلك باتحاده مع مستقبل متخصص specific receptor في النسيج الهدف فيتولد عن ذلك استجابة داخل خلية للقيام بأحد الاعمال التالية :-

1. تنظيم عملية البناء synthesis او تقويض (هدم) الأنزيمات .
2. تنظيم فعاليات activities الأنزيمات داخل الخلية اثناء عمل الهرمون .
3. تغير تركيب الاغشية الخلوية بحيث تنظم عبور المركبات الايضية metabolites .

مستقبلات الهرمونات Hormones receptors

- للهرمونات مجموعتان من المستقبلات حسب موقعها في الخلية :-
- 1 - مستقبلات تقع على سطح جدار الخلية وتكون هذه الهرمونات متخصصة لهرمونات catecholamines وهرمونات متعدد الببتيد poly peptides
 - 2 - مستقبلات تقع في سايتوبلازم الخلية cytoplasmic receptors حيث تكون متخصصة للهرمونات الستيرويدية steroid hormones

تصنيف الهرمونات Hormones classification

تشتق الهرمونات من مصادر مختلفة ويمكن تصنيفها إلى أربعة أصناف رئيسية وهي : -

1 - هرمونات مشتقة من الثايروكسين مثل هرمونات الكاتيكول أمين وهرمونات الغدة الدرقية thyroi glands

2 - هرمونات مشتقة من الدهون وتشمل الستيرويدات وهرمونات البروستوكلاندين والتي تشتق من الحامض الدهني Arachidonic acid

3 - ببتيدات بسيطة : - وهي oligo peptides ومثال على ذلك هرمون الغدة الدرقية المتحرر والذي يحتوي على ثلاثة أحماض أمينية وكذلك هرمون الكلوكاكون والذي يتكون من (29) حامض أميني وهرمون Adreno cortico troropin H (ACTH) () والذي يحتوي على (39) حامض أميني .

بروتينات : - وهي هرمونات تحتوي على عدد كبير من الأحماض الأمينية أي أكثر من (50) حامض أميني بحيث يجعلها في مرتبة البروتينات مثل هرمون parathyroid ويحتوي على (84) حامض أميني وكذلك هرمون النمو Growth hormone والذي يحتوي على (191) حامض أميني .

الهرمونات Hormones

الغدد الرئيسية الصماء endocrine glands مع الهرمونات التابعة لها .

ت	الغدة والهرمونات التابعة لها	الطبيعة الكيميائية	النسيج المستهدف	تأثيراتها
1	هرمون النمو GH سوماتوتروبين Somatotropin	ببتيدة متعددة Polypeptide	الكبد Liver	انتاج سوماتوميدين الذي يعمل على العضلات والعظام لتحفيز النمو
2	برولاكتين Prolactin	ببتيدة متعددة	الغدة اللبنية	تحفيز انتاج الحليب
3	ثايروتروبين Thyrotropin (TSH)	Glycoprotein كلايكوبروتين	الغدة الدرقية	تكوين وافراز هرمون الثايروكسين
4	الهرمون المنبه للخلايا البينية Luteinizing H.(LH)	Glycoprotein كلايكوبروتين	النسيج الدهني المبييض الانثيان	تحلل الدهون تحفز انبثاق البويض وبروجستيرون وافراز اندروجين
5	الهرمون المنبه للجريب Follicle stimulating H.(FSH)	Glycoprotein كلايكوبروتين	المبييض الانثيان	تطوير الجريب مع LH يحفز تكوين الحيامن

ت	الغدة الصماء والهرمونات التابعة لها	الطبيعة الكيميائية	النسيج المستهدف	تأثيراتها
1	Adrenocorticotropin (ACTH)	ببتيدة متعددة	قشرة الكظر Adrenal cortex	تكوين هرمونات ادرينوكورتيكال ستيرويد
2	الهرمون المنبه للخلايا النخامية Melano cyte stimulating H(MSH)	ببتيدة متعددة	خلايا نخامية	تكوين صبغة الميلانين

ملاحظة: جميع الهرمونات التي ورد ذكرها اعلاه تابعة للفص الامامي للغدة النخامية .

هرمونات الفص الخلفي للغدة النخامية

ت	الغدة الصماء والهرمونات التابعة لها	الطبيعة الكيميائية	النسيج المستهدف	تأثيراتها
1	Oxytocin	ببتيدة متعددة	العضلة الملساء	التقلص _ المخاض
2	vassopressin	متعدد ببتيد	العضلات	زيادة ضغط الدم
3	هرمون كابت لافراز البول Antiuretic h.	متعدد ببتيد	انبيبات الكلى	اعادة امتصاص الماء

ت	الغدة الدرقية Thyroid gland	الصيغة الكيميائية	النسيج المستهدف	تأثيراتها
1	Thyroxin (T4)	حامض اميني غير بروتيني	عام	زيادة استهلاك الأوكسجين
2	Triiodothyronine(T3)	أحماض امينية متحدة مع اليود	عام	زيادة ضغط الدم
3	Calcitonin	ببتيدة متعددة	الهيكل	ايض الكالسيوم والفوسفات

الفصل التاسع: الهرمونات

الغدة جنب الدرقية Parathyroid

ت	الغدة الدرقية Thyroid gland	الصيغة الكيميائية	النسيج المستهدف	تأثيراتها
1	Parathromine	متعدد ببتيد	هيكل - كلية قناة معوية ومعوية	زيادة امتصاص الكالسيوم في العظام وزيادة امتصاص الانبيبات لايون ca^{+2} في المعى
2	Calcitonin	متعدد ببتيد	الهيكـل	ايض الكالسيوم والفوسفات

لب الكظر

ت	الهرمون	الصيغة الكيميائية	النسيج المستهدف	تأثيراتها
1	ابينيـفيرين epinephrin (adrenaline)	حامض اميني مشتق	القلب والعضلات المساء والشرابين	زيادة النبض وضغط الدم وتقلص معظم العضلات المساء
2	نور ابينيـفيرين (نورادرينالين)	حامض اميني مشتق	الشرابين	زيادة التقلص والمقاومة الميـحطية

ت	الغدة الصماء مع هرموناتـها	الصيغة الكيميائية	النسيج المستهدف	تأثيراتها
1	القشرة الكظرية Adrenal cortex cortisol	ستيرويد	عام	ايض البروتينات والكاربوهيدرات والليـيدات واخماد الالتهابات
2	الدوستيرون	ستيرويد	عام	اعادة امتصاص الصوديوم وافراز البوتاسيوم

مبادئ الكيمياء الحياتية

الغدة البنكرياسية

ت	الغدة الصماء مع هرموناتها	الصيغة الكيميائية	النسيج المستهدف	تأثيراتها
1	انسولين	متعدد بيتيد	عام النسيج الدهني	استخدام الكربوهيدرات تكوين الدهن
2	كلوكاكون	متعدد بيتيد	Adipos tissue النسيج الدهني والكبد	تحلل الكلايكوجين ويحضر تحرر الدهون

الغدة المبيضية (ovaries)

ت	الغدة الصماء مع هرموناتها	الصيغة الكيميائية	النسيج المستهدف	تأثيراتها
1	Testosterone	ستيرويد	الاعضاء الجنسية	البلوغ

ي	الغدد الانثائية	الصيغة الكيميائية	النسيج المستهدف	تأثيراتها
1	Testosteron تيستيرون	ستيرويد	اعضاء الجنسية	البلوغ
2	التونه (الغدة الصغرية) thymus	ستيرويد	الغدة اللمفاوية	تنظيم التركيب والوظيفة
3	الغدة الصنوبرية (Pineal)		5-Methoxy-N-acetyl tryptamine	
4	ميلاتونين Melatonin (MLT)		خلايا ناقلات السحامين (ميلانين)	تجميع الصبغات
5	القناة الهضمية Castrin	متعدد بيتيد يحتوي كبريت	المعدة	افراز الحامض
6	Secritin	متعدد بيتيد	البنكرياس	افراز عصارة البنكرياس
7	Chole cystokonin	متعدد بيتيد	البنكرياس	تقلص وافراز

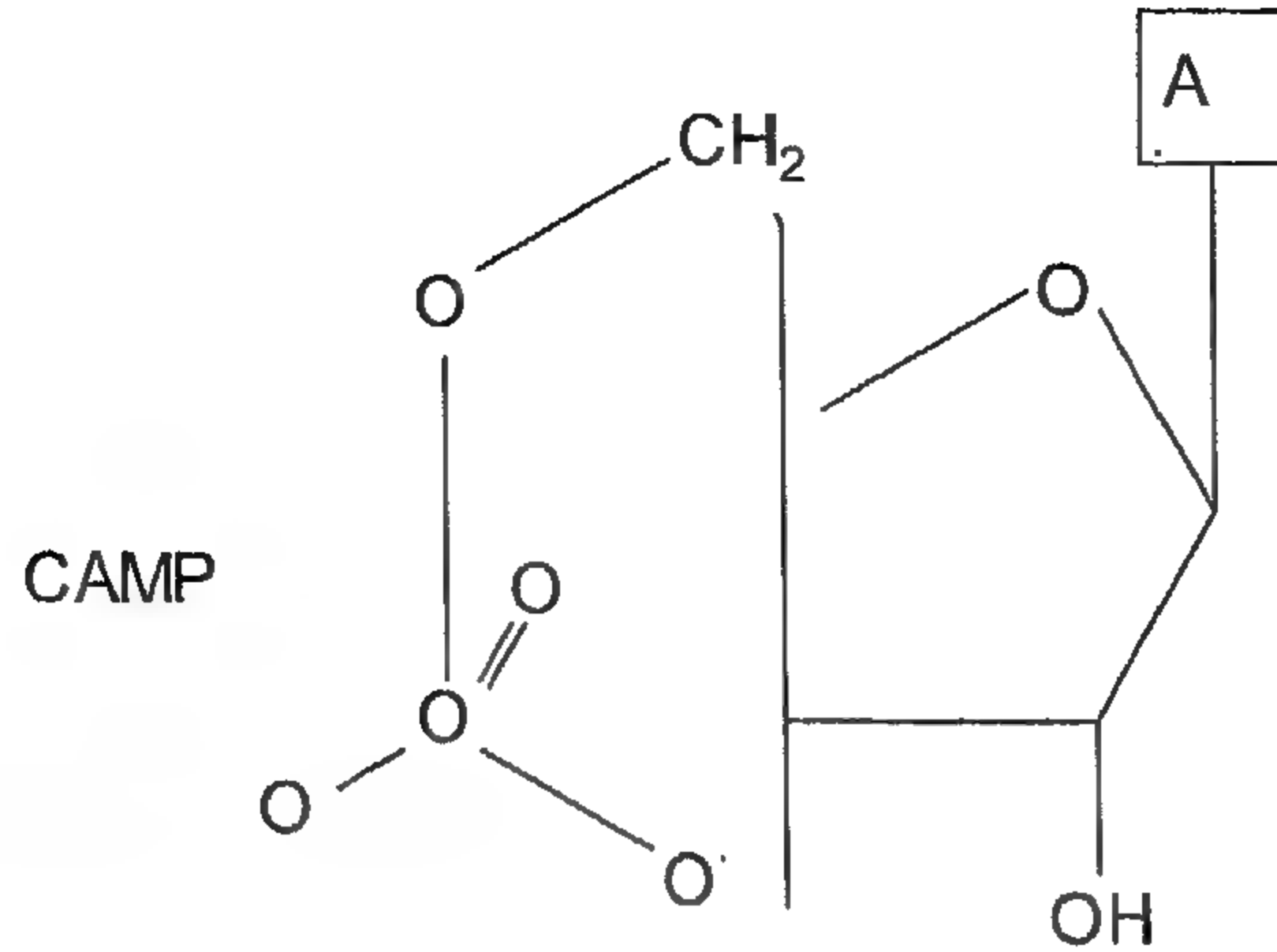
الآلية عمل الهرمون mechanism of hormone action

يؤثر الهرمون في النسيج المستهدف target tissue وذلك باتجاه المستقبل receptor فيتم تنظيم فعالية الأنزيم الموجود في النسيج فاما يعمل على تنشيطه او تثبيطه وفي كلتا الحالتين فهناك نظامان لتنظيم الأنزيمات من قبل الهرمونات تستند إلى موقع المستقبل في الخلية .

النظام الاول وهو الهرمون الذي يرتبط بالمستقبل الموجود على جدار الخلية

هناك عدد كبير من الهرمونات لكل منها مستقبل نوعي خاص يتحد به فيعمل الهرمون - المستقبل المعقد (Hormon -receptor - complex) على تنشيط انزيم (Adenylate-cyclase) حيث مرتبط بغشاء الخلية فيحفز تحويل ATP إلى AMP الحلقي والذي يسمى (3,5cyclic AMP) mono phosphate adenosine عند تكوين AMP الحلقي داخل الخلايا المستهدفة فانه يعمل كرسول ثاني second messenger ليقوم كوسيط (mediator) لفعاليات عدد كبير من الهرمونات وتشمل هذه الفعاليات ما يلي :

- أ - تنشيط نقل المواد خلال الاغشية الخلوية
- ب - بناء البروتين داخل الشبكة الاندوبلازمية .
- ج - تفاعلات النواة والتي تشمل تكوين الأحماض النووية
- د - تحليل الدهون lipolysis
- هـ - تحليل الكلايكوجين Glycogenolysis



وان اهم ملامح نظام المرسل الثاني second messenger هو ان الهرمون الذي يعد مرسلا اول داخل الخلية واما (CAMP) والذي يتكون داخل الخلية هو الذي ينوب عن الهرمون لكي يكون وسيطا له داخل الخلية ليؤدي وظيفة الهرمون .

2. الهرمون الذي يرتبط بالمستقبل داخل الساييتوبلازم

ان النوع الاخر من الهرمونات يشمل السيترويدات وهرمونات Thyroid وهرمون 1,25 dihydroxy cholecalciferol تدخل من خلال غشاء الخلايا الهادفة فتتحد مع المستقبل في الساييتوبلازم مكونه المستقبل - الهرمون المعقد الذي يتحد مع موقع معين على الـ DNA ويؤدي الى تنشيط activation او تثبيط inhibition جين معين specific gene في DNA . وينتج ذلك تكوين RNA الساعي (المرسل) messenger RNA الذي يوجه تكوين انزيم معين فيستجيب الى فعل الهرمون .

الوظائف الفسلجية والحياتية للهرمونات

1. بناء البروتين Protein synthesis يعمل هرمون النمو على زيادة نقل الأحماض الامينية الى خلايا العضلات لغرض بناء البروتين وكذلك يؤدي الى بناء البروتين في عدة انسجة من الجسم .

2 - ايض الدهون lipids metabolism

يعمل على هدم Catabolism ثلاثي اسيل كليسروول في الانسجة الدهنية Adipose tissues فتكون الأحماض الدهنية والكليسروول .

3 -ايض المعادن Mineral metabolism

تؤدي الهرمونات ألى توازن الكالسيوم والمغنيسيوم والفوسفات

4 -ايض الكاربوهيدرات Carbohydrate metabolism

يزيد من معدل نسبة السكر في الدم فيعمل على تكوين الكلايكوجين وان عمله هو عكس عمل الانسولين

نوعية الافراز في الغدد

يمكن تقسيم الغدد على اساس ذلك ألى :

1 -غدة خارجية في الافراز Exocrine glands في هذه الحالة غدد الجسم تمتلك قنوات تصب فيها افرازاتها من الهرمونات وتسمى غدد كهذه بخارجية الافراز كالغدد اللعابية والمعدية .

هناك مجموعة اخرى من الغدد تصب افرازاتها مباشرة ألى الدم لايصالها ألى الانسجة المستهدفة وتسمى بالغدد الصماء Endocrine glands او تسمى بالغدد عديمة القنوات والامثلة عليها كثيرة كالغدد النخامية والصنوبرية والكظريةالخ .

ومثل هذه الهرمونات تنتج في عضو غير الذي تظهر فعاليتها فيه ويتراوح تركيز الهرمونات بصورة عامة بين 10^{-12} _ 10^{-6} mol الهرمونات والفيتامينات تشترك بصفة واحدة وهي ان الجسم يحتاجها بكميات قليلة جدا .

تسمى الهرمونات التي توجد في النباتات بمنظمات النمو مثل الاوكسينات والجبريلينات وبصورة عامة فان الهرمونات في الحيوان او النبات تؤثر في النسيج

مبادئ الكيمياء الحياتية

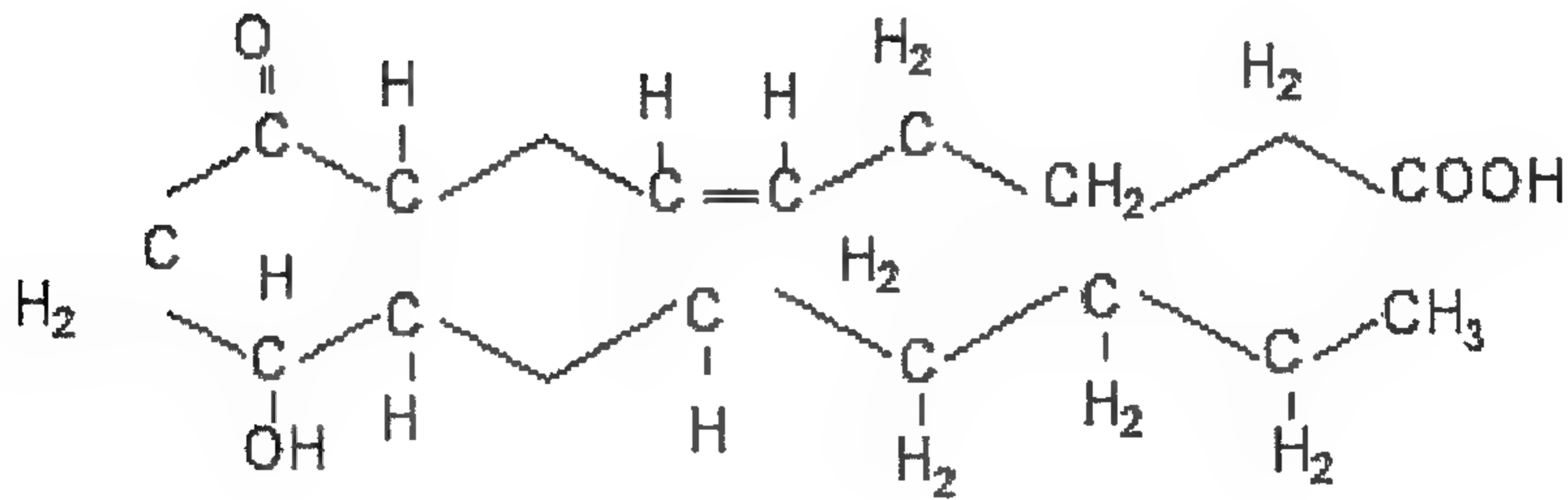
المستهدف لتحفيز تغيرات كيميائية تؤدي إلى استجابة العضو المستهدف إلى التغيرات البيئية .

البروستوكلاندين Prostoglandins

هي من عائلة الأحماض الدهنية غير المشبعة التي تحتوي على 30c المحتوية على حلقة خماسية ونظرا لعمل مركبات البروستوكلاندين ضمن الخلية المنتجة لها لذا فان هذه المركبات ليست هرمونات حقيقية لكنها تتوسط عمل الأنزيمات وبهذا فهي تعمل كرسول ثان بعد الهرمون الاول ويتضمن عمل البروستوكلاندين في تغير مستويات النيوكلوتيدات الحلقية وتشارك هذه المركبات مع هرمونات كايكولامين في صفة واحدة وهي القابلية على زيادة مستوى CAMP في بعض الخلايا وخفضه في خلايا أخرى.



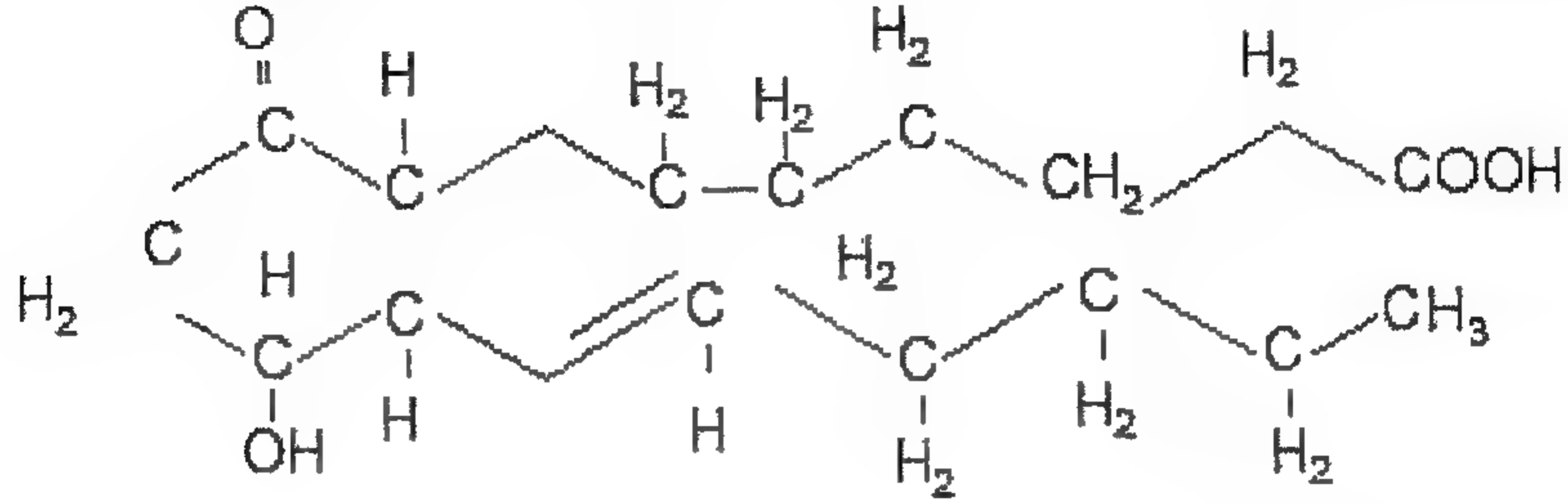
حامض
Arachidic



Prostglandin E₂

الفصل التاسع: الهرمونات

يشير الحرف E إلى موقع مجموعة الهيدروكسيل والكيتون على الحلقة كما يشير العدد 2- إلى وجود اصرتين مزدوجتين في المركب كما يوجد Prostoglandin (E1) ويعني ان هناك آصرة مزدوجة واحدة فقط في المركب



الهرمونات الهدمية Catabolic hormones

تشمل الهرمونات التي تحفز التفاعلات الهدمية وتتضمن الكلوكاكون والابنيفيرين ونور ابنيفيرين .

1- الكلوكاكون Glucagon

هرمون متعدد الببتيد يفرز بواسطة الخلايا في البنكرياس وكذلك بواسطة خلايا متشابهة موجودة في الغشاء المخاطي المعوي وعمله الاساس هو تحفيز عملية تحليل الكلايكوجين Glycogenolysis في الكبد والتي تتوسطها عملية تحويل phosphorylase غير المنشط إلى المنشط وبهذا فان هرمون الكلوكاكون يفرز استجابة للمستويات الواطئة للكلوكوز في الدم (Hypoglycemia) وهكذا فان عمله مضاد لعمل الانسولين وهناك تاثيرات اخرى للكلوكاكون فهو يحفز انزيم hormone sensitive lipase في النسيج الدهني adipose tissue وقد تستعمل الأحماض الدهنية الناتجة مصدرا بديلا للطاقة موفرة بذلك الكلوكوز وهكذا يزداد مستوى الكلوكوز في الدم (hyperglycemia) .

2 - هرمون ابنيفيرين ونور ابنيفيرين

كلا الهرمونين ذا تاثيرات مشابهة للكلوكاكون غير ان نور ابنيفيرين مثلا يعمل كمادة ناقلة للنبضات العصبية Neurotransmitter في الجهاز العصبي السمبثاوي ويحتمل ان يكون عمله محفزا لعملية تعبئة الدهون (تحرير الأحماض الدهنية من الانسجة الدهنية وتحويلها الى لييدات تنقل بواسطة الدم) بواسطة تحفيزه انزيم (lipase) في الانسجة الدهنية اما نور ابنيفيرين يملك تاثيرات قليلة على عملية تحلل الكلايكوجين وزيادة مستوى الكلوكوز في الدم (Glucose level in blood) وبالتالي انتاج وزيادة في الطاقة ومن الممكن ان يكون العمل المهم للابنيفيرين هو عمله كموثر على الياف العصب التي تحرر نور ابنيفيرين عند نهايات العصب مما يؤدي الى تثبيط عملية تحرر الانسولين حتى اثناء زيادة مستوى الكلوكوز في الدم وبالتالي انتاج زيادة من الطاقة .

ان الهرمونات ابنيفيرين ونور الابنيفيرين ضرورية للحيوان فهي تمكنه من مواجهة الظروف البيئية الملحة حيث تعمل الهرمونات في تحفيز انتاج زيادة من الطاقة في الحالات الطارئة ان الحامض الاميني (Tyr) يعمل كمركب وسطي intermediate compound لتكوين هذه الهرمونات .

هرمون كورتيسول Cortisol

تنتج القشرة الكظرية (Adrenal cortex) وبتحفيز من هرمون (Adreno cortico tropic) والمتحرر من الفص الامامي للغدة النخامية وللكورتيكوزول تاثيرات عديدة على العمليات الحياتية الوسطية لايشد الدهون والبروتينات والكاربوهيدرات واغلب تاثيراته هي معادلة تاثير الانسولين حيث يؤدي الى زيادة مستوى الكلوكوز في الدم (hyper glycemia) مما يسبب مرض السكر الدائمي كما ان للكورتيسول تاثير هدمي على البروتينات وذلك اما باثباط بناء البروتين او بشكل غير مباشر عن طريق زيادة عملية تكوين الكلوكوز في الكبد من الأحماض الدهنية fatty acids في الانسجة وتحويلها الى ببتيدات تنقل

الفصل التاسع: الهرمونات

بواسطة الدم مما يؤدي إلى زيادة الدهون في المنطقة الوسطية للجذع وكذلك في الوجه. عند إزالة القشرة الكظرية (مصدر هرمون الكورتيزول) في أي حيوان فإن الحيوان سوف يموت وفي حالة فقدان وظيفتها جزئياً فإن ذلك سوف يؤدي إلى احتباس (K) وزيادة في طرح (Na) و (Cl) وكذلك يؤدي إلى ضعف العضلات ونقصان في كلايكونجين الكبد .

الآلية العامة لاسلوب عمل الهرمونات Hormones mechanism

هناك خمسة مواقع عامة لعمل الهرمونات وهي

1 -حث تخليق الأنزيمات Induction of enzyme synthesis على

مستوى النواة مثل هرمون Thyroxine والهرمونات الستيرويدية حيث أنها تكون مرتبطة في بلازما الدم مع بروتينات ناقلة Transporting proteins وان هذه الهرمونات تعمل على حث تكوين mRNA في نواة الخلية المستهدفة Target cell وهكذا فإنها تؤدي إلى زيادة تخليق انزيم معين او مجموعة انزيمات محفزة لاحد المسالك الايضية .

2 -حث تخليق الأنزيمات على مستوى الرايبوسومات: تظهر بعض

الهورمونات (هرمون النمو مثلاً) تأثيرها على جهاز تخليق البروتينات على الرايبوسومات أي على مستوى ترجمة (transation) المعلومات الوراثية المحتواة في mRNA .

3. التنشيط المباشر على المستوى الأنزيمي: من خلال تعريض نسيج معين في

الكائن الحي إلى بعض الهرمونات نلاحظ التغيرات السريعة والمباشرة للفعاليات الأنزيمية ويفسر ذلك بتأثيره على تنشيط المستقبل receptor

4.تأثير الهرمونات على مستوى الغشاء الخلوي Hormonal Action at the

membrane level: تلعب العديد من الهرمونات على نقل مختلف المواد عبر الغشاء الخلوي مثل الكربوهيدرات ، الأحماض الأمينية والنووية

والـ cation ترتبط هذه الهرمونات نوعيا (specifically) بالاعشية الخلوية وتؤدي إلى تغيرات اىضية ثانوية حيث تنشيط عمل الأنزيمات المرتبطة بالغشاء الخلوي .

5.علاقة الفعالية الهرمونية بمستوى CAMP: قد يرتفع مستوى CAMP اوينخفض نتيجة للفعالية الهرمونية كمايختلف باختلاف النسيج المستهدف فمثلا يؤدي الكلوكاكون وإلى زيادة كبيرة في مستوى CAMP في الكبد بينما يؤدي إلى زيادة ضئيلة في مستواه في العضلات

المصادر



المصادر

المصادر العربية

1. المظفر، سامي. 2006. "الكيمياء الحياتية" مطبعة الميسرة /الأردن.
2. رسام، ميسون بشير، 1987 "الكيمياء الحياتية العامة" جامعة بغداد
3. الدلاي، باسل. 1984. "البروتينات" الموصل
4. الركابي ، كامل حمود. 1983. "الكيمياء الحيوية التركيبية" /المكتبة الوطنية /بغداد
5. سليمان ، رياض رشيد، عزيز، عبد العباس، 1989 "الهرمونات" بغداد ،بيت الحكمة.
6. ال فليح،خولة. 1983. "مدخل الى الكيمياء الحياتية" /الموصل.

المصادر الاجنبية

- 1.Stryer,Lubert.1975. "biochemistry" USA.
- 2.Chirala, Walil. 2004. "structure and function of animal fatty acid synthase.lipids.39.vol.11.
- 3.Helenius,Aebi,m.2001 "intracellular functions of N-linked glycans.science.291.
- 4.Wiggins,pm.1990 "role of water in some biological process microbiological reviews.54.vol.4.
- 5.Rao av,Rao lg .2007 "official journal of the Italian pharmacological society.55.vol3

6. Russel dw, 2003. "The enzyme regulation" annual re, eview of biochemistry.no.72
7. Carl.a. Edward,k and David, E (2008) "vitamins and trace elements " fundamental of clinical chem.
8. William.j.marshal.(1995) clinical chemistry .3rd edition.
9. Laurance.D.Bennet.P.2003" Hypothalamic pituitary and sex hormone" clinical pharmacology.9th ed.
10. R.Chang. 2002, "chemistry". 7th ed. Grew-hill. Newyork.



مبادئ الكيمياء الحياتية



للنشر والتوزيع

المملكة الأردنية الهاشمية

عمان - العبدلي - شارع الملك حسين

قرب وزارة المالية - مجمع الرضوان التجاري رقم 118

هاتف: +962 6 4611169 - +962 6 4616436

فاكس: +962 6 4616435

ص.ب 926141 عمان 11190 الأردن

info@daralredwan.com

www.redwanpublisher.com

Bibliotheca Alexandrina



1503223



9 789957 763855